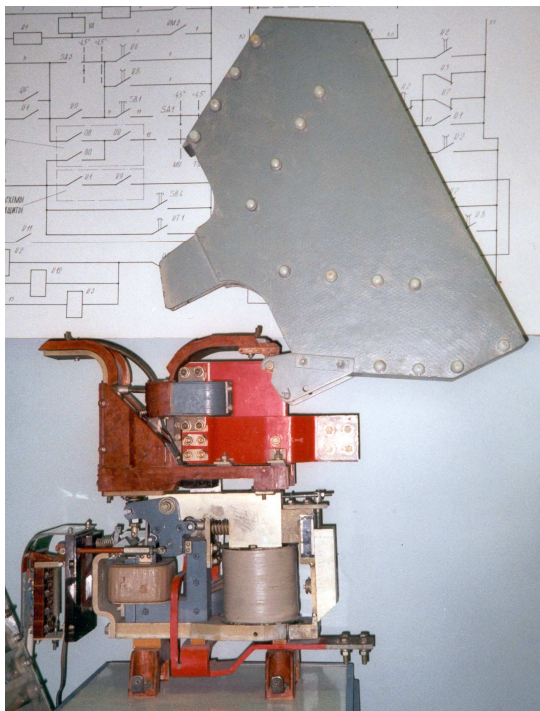


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

В. К. Нем,
О. В. Донець,
Н. П. Лукашова

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

(Практикум до лабораторних і практичних занять для студентів 3 курсу
усіх форм навчання напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка»)



Харків ХНАМГ 2009

Електропостачання електричного транспорту (Практикум до лабораторних і практичних занять для студентів 3 курсу усіх форм навчання напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка») / В. К. Нем, О. В. Донець, Н. П. Лукашова; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 136 с.

Автори: В. К. Нем,
О. В. Донець,
Н. П. Лукашова

Рецензенти: к.т.н., доц. В. М. Фатеев;
керівник енергогосподарства ХДП «Міськелектротранс»
Д. А. Герасименко

Рекомендовано кафедрою ЕТ,
протокол № 5 від 09.12.2008 р.

ЗМІСТ

	Стор
Вступ	4
Терміни й визначення понять	5
Позначення і скорочення	11
Практичні заняття	12
<i>Заняття 1.</i> Розрахунок контактної мережі.....	12
<i>Заняття 2.</i> Розрахунок зусиль у поперечинах	13
<i>Заняття 3.</i> Схеми тягової мережі	14
<i>Заняття 4.</i> Методи розрахунків тягових навантажень	16
<i>Заняття 5.</i> Розрахунок рейкової мережі	17
<i>Заняття 6.</i> Розрахунок живильних ліній	18
<i>Заняття 7.</i> Розрахунок контактної мережі	20
<i>Заняття 8.</i> Вибір тягових підстанцій	21
<i>Заняття 9.</i> Випрямні агрегати	22
<i>Заняття 10.</i> Втрати енергії в системи електропостачання ЕТ.....	23
<i>Заняття 11.</i> Коротке замикання в системи електропостачання ЕТ...	24
<i>Заняття 12.</i> Технічне обслуговування тягової мережі	26
<i>Заняття 13.</i> Загальні вимоги до електропостачання ЕТ.....	27
<i>Заняття 14.</i> Технічне обслуговування ТП	29
Задачі до практичних занять.....	31
Лабораторні роботи	41
Загальні вимоги.....	41
<i>Лабораторна робота №1.</i> Дослідження технічних характеристик індукційних вимірювальних реле струму (РТ-80).....	44
<i>Лабораторна робота №2.</i> Дослідження технічних характеристик електромагнітних вимірювальних реле типу РТ-40.....	62
<i>Лабораторна робота №3.</i> Дослідження способів регулювання швидкодіючого автоматичного вимикача ВАТ-43.....	78
<i>Лабораторна робота №4.</i> Дослідження трансформатора струму ...	90
<i>Лабораторна робота №5.</i> Дослідження технічних характеристик розподільних пристроїв великої напруги типу РУ-(6-10) кВ	101
<i>Лабораторна робота №6.</i> Дослідження технічних характеристик розподільних пристроїв постійного струму РУ (+600) В	112
<i>Лабораторна робота №7.</i> Дослідження технічних характеристик вимикача ВПМ-10 з приводом ПЕ-11	120
Список літератури	135

ВСТУП

Практикум розроблений відповідно до програми курсу "Електропостачання електричного транспорту" для студентів 3 курсу всіх форм навчання спеціальності 6.092200 – «Електричний транспорт».

Метою його є не тільки теоретичне засвоєння курсу „Електропостачання електричного транспорту ”, але й отримання практичних навичок розрахунку струмів короткого замикання в системі електропостачання електричного транспорту й вибору основного електричного обладнання та струмоведучих елементів розподільного приладу (6-10) кВ, а також механічних та електричних розрахунків тягової мережі; розрахунок малих струмів короткого замикання; захисту від блукаючих струмів; технічної експлуатації засобів електропостачання електричного транспорту.

Практикум містить 14 практичних занять, 7 задач з розв’язаннями до них і 7 лабораторних робіт, що є доповненням до існуючих, у зв’язку із зміною навчального плану. У вказівках до лабораторних робіт надаються теоретичні матеріали для підготовки до їх виконання.

ТЕРМІНИ Й ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Тягова підстанція (ТП)

Споруда, в якій встановлено обладнання для зміни величини напруги та перетворення змінного струму в постійний для живлення тролейбусних і трамвайних ліній.

Система сигналізації і зв'язку

Система, що призначена для оповіщення персоналу трамвайних і тролейбусних ліній та передачі будь-якої інформації між ними й іншими суб'єктами та об'єктами.

Маршрут

Заздалегідь встановлений шлях проходження трамвая чи тролейбуса між визначеними і відповідно обладнаними пунктами (13 ДСТУ 2610).

Диспетчер

Працівник, який регулює рух транспорту чи хід роботи підприємства міського електричного транспорту.

Аварійний режим електропостачання

Режим роботи системи електропостачання, при якому в результаті відмови її елементу стає неможливим дотримання технічних нормативів. Настання аварійного режиму вимагає скорочення чи повного припинення руху.

Вимушений режим електропостачання

Режим роботи системи електропостачання, коли відключений один з резервних елементів живильної лінії, перетворювача чи джерела живлення власних потреб (у змушеному режимі нормальна робота рухомого складу, розрахункові значення параметрів руху зберігаються за рахунок використання резерву; електричні навантаження і падіння напруги не повинні перевищувати припустимих значень).

Нормальний режим електропостачання

Режим роботи систем електропостачання без використання резерву, що забезпечує живлення контактної мережі при розрахункових розмірах руху в піковий час і для умов найбільшого опору руху рухомого складу.

Держак кривої

Пристрій, що служить для фіксування контактних проводів тролейбусної лінії на кривій, що забезпечує плавний прохід голівки струмоприймача в місці злому контактного проводу.

Децентралізована система електропостачання

Система, в якій кожна секція контактної мережі в нормальному режимі живиться від двох сусідніх тягових підстанцій, повністю взаєморезервуючих по проводах контактної мережі.

Централізована система електропостачання

Система, в якій кожна тягова підстанція здійснює автономне живлення тягової мережі без автоматичного розвантаження сусідніми підстанціями.

Довжина зближення

Довжина контактної мережі міського електричного транспорту (далі - МЕТ) в межах зони впливу.

Ширина зближення

Відстань між проекціями на горизонтальну площину проводів, які знаходяться в зоні взаємного впливу.

Допустиме зближення

Ширина зближення, при якій максимальний індукційний струм (наприкінці зони зближення) у режимі однофазного короткого замикання лінії, що впливає, не перевищує безпечного рівня.

Паралельне зближення

Розташування контактних проводів, при якому їх проекції на горизонтальну площину в зоні впливу паралельні.

Індукційний струм

Струм, обумовлений індуктивним впливом, що проходить через тіло людини, яка стоїть на землі й торкається ізольованого від землі корпусу рухомого складу МЕТ.

Компенсована підвіска

Підвіска (проста чи ланцюгова), в якій натяг проводів і поздовжніх несучих тросів (у ланцюгових підвісках) автоматично регулюється.

Напівкомпенсована підвіска

Ланцюгова контактна підвіска, в якій автоматично регулюється натяг тільки контактного проводу.

Контактна підвіска

Система підвішування контактного проводу (проводів) до підтримуючого пристрою.

Некомпенсована підвіска

Підвіска (проста чи ланцюгова), в якій натяг проводів і поздовжніх несучих тросів (у ланцюгових підвісках) автоматично не регулюється

Несуча поперечка

Гнучкий підтримуючий пристрій троса, до якого закріплені контактна підвіска спецчастини й пристрої контактної мережі, що сприймає в основному зусилля від маси підвіски, спецчастин, пристроїв і зусилля від фіксаторів.

Живильні лінії

Повітряні проводи чи кабельні лінії, що електрично з'єднують шини тягових підстанцій з контактними проводами й рейками.

Підтримуючі пристрої

Гнучкі чи тверді конструкції (тросові й дротові поперечки, кронштейни), до яких підвішуються контактні підвіски, спецчастини та інші елементи контактної мережі.

Проста гнучка поперечина

Гнучкий підтримуючий пристрій з троса чи дроту, до якого безпосередньо закріплений контактний провід, що сприймає навантаження від маси підвіски й злому контактного проводу в горизонтальній площині.

Проста контактна підвіска

Підвіска, в якій контактний провід підвішують безпосередньо до підтримуючого пристрою за допомогою підвісної арматури і струн.

Поздовжня електрорушійна сила (поздовжня ЕРС)

Різниця потенціалів, що наводяться на кінцях проводу, підданого магнітному впливу.

Спеціальні частини контактної мережі

Повітряні стрілки, повітряні перехрещення, секційні ізолятори, криві тримачі.

Частково компенсована підвіска

Підвіска, в якій подовження контактного проводу при зміні температури компенсується частково.

Стрілочний перевод

Пристрій, який призначений для переводу трамвайних вагонів з однієї колії на іншу.

Стрілка

Частина стрілочного переводу, що складається з рамних рейок, контррейок, вістряків, замикачів і привода переводу вістряків стрілки [2].

Автоматизована стрілка

Стрілка, керування переводом вістряків якої здійснюється з трамвайного вагона або з диспетчерського пункту.

Спецчастини трамвайних колій

Складові трамвайних колій, до яких відносяться: стрілки, хрестовини, перехрещення і температурні компенсатори .

Система електропостачання (СЕП)

Совокупність пристроїв, призначених для прийому, перетворення і розподілу енергії, споживаної рухомим складом.

Заземлена система електропостачання

Система живлення рухомого складу трамвая і тролейбусу, негативний полюс якої заземлений через заземлюючий пристрій підстанції або через рейкову колію.

Ізольована система електропостачання

Система живлення рухомого складу тролейбуса, що не має заземлення негативного або позитивного полюса.

Телекерована тягова підстанція

Автоматизована тягова підстанція, керована з диспетчерського пункту по каналах телемеханіки.

Диспетчерський пункт

Приміщення, персонал і технічні засоби, призначені для телекерування тяговими підстанціями і оперативно – ремонтного обслуговування телекерованих тягових підстанцій.

Перетворювач

Установка для пониження напруги і перетворення змінного струму в постійний, що включає трансформатор, перетворювальну секцію, вимикач змінного струму, катодний вимикач і апаратура та прилади керування і

контролю, які відносяться до них, а також лінійні приєднання постійного струму, в яких перетворювач виконує і захисно – комутаційні функції.

Тягова мережа (ТМ)

Частина системи електропостачання (що живить лінії, контактна і рельсові мережі), службовка для передачі електричної енергії від шин постійного струму тягової підстанції до рухомого складу.

Контактна мережа (КМ)

Частина тягової мережі (контактні, підсилюючі, живлячі дроти і дужки, арматура, спецчастини, що підтримують тросову систему, кронштейни і опори), службовка для підведення електричної енергії безпосередньо до рухомого складу через контакт його із струмоприймачем.

Секціонування контактної мережі

Ділення контактної мережі на електрично ізолювані один від одного секції з окремими приєднаннями до шин тягової підстанції через живлячі лінії.

Секція контактної мережі

Частина контактної мережі, відокремлена від суміжних частин установленими секційними ізоляторами.

Район живлення тягової підстанції

Сукупність секцій контактної мережі, що живляться електроенергією від даної тягової підстанції.

Секційний ізолятор (СІ)

Спецчастина, що призначена для секціонування контактних дротів і забезпечує безперешкодний прохід струмоприймачів рухомого складу.

Позитивна живляча лінія (ПЖЛ)

Кабельна лінія з комутаційними апаратами і приладами, що відносяться до неї яка здійснює з'єднання позитивної шини тягової підстанції з однією секцією позитивного дроту контактної мережі.

Негативна живляча лінія (НЖЛ)

Кабельна лінія з силовими апаратами і приладами, що відносяться до неї, яка здійснює з'єднання негативної шини тягової підстанції з секцією негативного контактного дроту тролейбусної мережі або з рейками трамвайної мережі.

Струм короткого замикання (с.к.з.)

Значення струму в коротко замкнутому ланцюзі у випадку металевого замикання різнополярних дротів.

Малий струм короткого замикання

Установлене значення струму в коротко замкнутому ланцюзі, що не перевищує струм торкання «уставки» максимального захисту живлячої лінії.

Тяговий струм (завантаження)

Струм, в якому-небудь елементі системи електропостачання, обумовлений споживанням енергії рухомим складом.

Середній струм

Середньоарифметичне значення тягового струму за вибраний інтервал часу.

Ефективний струм

Значення постійного за величиною струму, еквівалентного за тепловою дією реальному тяговому струму за певний інтервал часу.

Розрахунковий максимальний струм

Найбільше значення тягового струму живлячої лінії, за яким розраховується струм «уставки» лінійного автоматичного вимикача.

Перевантаження

Перевищення тягового завантаження рівня, рівного номінальному струму даного елемента системи електропостачання.

Щільність завантаження

Середнє значення струму, споживаного від одиниці довжини контактної мережі рухомим складом в розрахунковому режимі.

Середня напруга в контактній мережі

Середня за довжиною контактної мережі напруга на струмоприймачі рухомого в тяговому режимі при розрахункових режимах і умовах руху.

Середнє падіння напруги в тяговій мережі

Середнє за довжиною секції значення падіння напруги до струмоприймача рухомого складу в тяговому режимі при розрахункових режимах і умовах руху.

Максимальне падіння напруги

Середнє значення падіння напруги до струмоприймача поїзда, який проїжджає в режимі тяги точку секції контактної мережі з максимальною напругою, при розрахункових режимах і умовах руху.

ПОЗНАЧЕННЯ І СКОРОЧЕННЯ

СІРРП – система інтервального регулювання руху потягів;

ПУЕ – правила влаштування електроустановок;

СЦБ –система сигналізації, централізації і блокування;

АВР – автоматичне вмикання резервного вводу;

АПВ – автоматичне повторне вмикання;

МЕТ - міський електричний транспорт;

ТО - технічне обслуговування;

ТМ - тягові мережі;

КМ - контактна мережа;

ЕТ - електричний транспорт;

СИ - секційний ізолятор;

СЕП – система електропостачання;

ТП - тягові підстанції.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Заняття 1. РОЗРАХУНОК КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

Зміст: Контактна мережа ЕТ. Загальні вимоги. Контактні підвіски
Розрахунок зусиль у поперечинах на прямій ділянці шляху. Вибір опор [1, 10, 11, 22].

Мета заняття: Практично ознайомитися з призначенням контактної мережі, загальними вимогами до неї, вивчити типи контактних підвісок і їх застосування; засвоїти основні принципи розрахунку зусиль у поперечках і вибору опор.

Вступ: Показати важливість досліджуваного розділу й історію створення контактної мережі, переконатися студентів у наявності проблем в експлуатації КМ.

Контактна мережа ЕТ. Загальні вимоги . Визначення довжини прольотів контактної мережі. Основні габарити контактної мережі. Типи опор. Призначення опор. Ізоляція КМ. Типи контактних проводів.

Розрахункові режими. Установлення розрахункового режиму. Розрахункові навантаження і їхнє визначення. Розрахунок зусиль у поперечках на прямолінійній ділянці шляху. Приведення сил, що діють на опори. Вибір опори [1,10,11,22,26].

Висновок: Перевірка результатів і уточнення розрахунків, аналіз помилок.

Контроль знань - вибіркове опитування студентів з метою з'ясування засвоєння матеріалу.

Контрольні питання

1. Дайте визначення контактної мережі.
2. Які довжини прольотів рекомендовані для всіх типів простих напівтвердих підвісок на опорах і на стінах будинків?

3. Призначення опор і фіксуючих пристроїв. Типи опор, які застосовують на ЕТ?
4. Основні вимоги до ізоляції КМ.
5. Типи контактних проводів, які застосовують на ЕТ.
6. Типи контактних підвісок, їхнє застосування.
7. Назвіть розрахункові режими.
8. Як визначають розрахункове навантаження в режимі ожеледі?
9. Приведення сил, що діють на опору, до її вершини?

Заняття 2. РОЗРАХУНОК ЗУСИЛЬ У ПОПЕРЕЧИНАХ

Зміст: Режим мінімальної температури. Розрахунок зусиль у поперечках на криволінійній ділянці шляху. Розрахунок зусиль у «вусах косинця». Вибір опор.

Мета заняття: Практично засвоїти основи методу розрахунку, що застосовують на ЕТ при виборі опор, і розрахунку зусиль на поперечках на криволінійних ділянках шляху; закріпити знання ПТЕ трамваїв і тролейбусів у області контактної мережі.

Вступ. Поставити завдання з розрахунку контактної мережі на криволінійній ділянці, пригадати основні положення теорії.

Режим мінімальної температури. Розробити положення методики розрахунку щодо визначення найбільш важкого розрахункового режиму. Визначення результуючих навантажень на поперечини і троси за даного режиму. Розбивка криволінійної ділянки на хорди. Знаходження радіуса, початку і кінця кривої, розбивка її на хорди, розміщення опор, розташування поперечок і відтягнень. Звернути увагу на дотримання габаритів мережі згідно з ПТЕ [1, 7, 8, 10, 11, 22, 28, 29].

Розрахунок зусиль у поперечках. Звернути увагу на те, що навантаження на дріт й троси розподіляються рівномірно. Розрахувати навантаження

поперечок для одноколійної ділянки шляху. Розрахувати зусилля в поперечках із внутрішньої й зовнішньої сторін кривої [1, 7, 8].

Розрахувати зусилля у «вусах» відтягнень. Нагадати про спрощення, які застосовують у даних розрахунках.

Розрахувати висоту закріплення поперечок і «вусів» відтягнень на опорах, привести отримані сили до вершини опори [1, 26].

Перевірка правильності розрахунків і дотримання ПТЕ трамваїв і тролейбусів, опитування студентів [9, 10, 11].

Підведення підсумків заняття .

Контрольні питання

1. В якому випадку при розрахунках зусиль у поперечках і виборі опор застосовують режим мінімальної температури?
2. Як установлюють найбільш важкий розрахунковий режим для КМ?
3. Які спрощення допускають при розрахунках навантажень на дроти й троси?
4. Пояснити призначення відтягнень на криволінійних ділянках шляху?
5. Який матеріал застосовують для поперечок і відтягнень?
6. Як визначають зусилля у «вусах» косинця і трапеції?
7. Як здійснюють розбивку криволінійної ділянки, що не містить стрілочні переводи (трамвай), на хорди?
8. Як визначити висоту закріплення поперечок і «вусів» косинця на опорі?
9. Як вибирають опору для криволінійної ділянки?
10. Яка мінімальна припустима відстань від опори до найближчої рейки трамвайної мережі на криволінійній ділянці? (ПТЕ).

Заняття 3. СХЕМИ ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ

Зміст: Розробка схем тягової мережі. Умовні позначення на схемах живлення й секціонування тягової мережі. Основні визначення й терміни. Вимоги до розрахунків електропостачання.

Мета заняття: Усвідомити основні визначення й терміни, які застосовують в електропостачанні електричного транспорту, обґрунтувати

вимоги до розрахунків пристроїв електропостачання, а також практично закріпити знання схем тягової мережі й умовних позначень на них.

Вступ: Звернути увагу на те, що з метою подальшого поліпшення транспортного обслуговування населення міст здійснюється будівництво нових ліній трамвая й тролейбуса, і необхідне застосування найбільш прогресивних методів проектування і впровадження сучасних пристроїв електропостачання. Головним призначенням електричних розрахунків є перевірка параметрів пристроїв електропостачання і вибір найбільш економічного варіанта живлення за їхню відповідність всім технічним вимогам [3, 4, 5, 23].

Розробка схем тягової мережі. Зупинитися на розгляді централізованої і децентралізованої систем електропостачання, порівняти їх між собою, виявити переваги й недоліки. Звернути увагу студентів, на застосування на ЕТ паралельного включення рейкових шляхів, а також паралельного включення між собою контактних проводів двох шляхів. При розгляді цього питання необхідно вказати студентам на дотримання стандартів при позначенні елементів на схемах [3, 4, 5, 20].

Основні визначення і терміни. Необхідно звернути увагу на правильне тлумачення термінів і визначень, що застосовують в електропостачанні ЕТ [7, 16].

Вимоги до розрахунків пристроїв електропостачання. Основною вимогою тут є забезпечення працездатності системи як у нормальному, так і у вимушеному режимах [7].

Підведення підсумків заняття й короткий контроль знань у вигляді вибіркового опитування.

Контрольні питання:

1. Які схеми внутрішнього електропостачання застосовують на ЕТ?
2. Назвіть відмінності централізованої системи електропостачання від децентралізованої.
3. Визначить поняття терміна "Тягова підстанція".

4. Дайте визначення поняття "Тягова мережа".
5. Які умовні позначення застосовують на схемах електропостачання ЕТ?
6. До споживачів якої категорії відноситься електричний транспорт (згідно з ПУЕ), які основні вимоги в зв'язку з цим покладаються на систему електропостачання?

Заняття 4. МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ ТЯГОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Зміст: Розрахунок електричних навантажень. Вибір та обґрунтування методу розрахунку. Узагальнений аналітичний метод розрахунку.

Мета заняття: Переконатися, що найбільш прийнятними методами розрахунку є: для розрахунку рейкової мережі – метод рівномірно - розподіленого навантаження, а для розрахунку контактної і кабельної мережі – узагальнений аналітичний метод розрахунку.

Вступ: Показати важливість вибору методу розрахунку, що впливає на похибку розрахунків; показати, що у всіх методах розрахунку вихідними даними є параметри тягової мережі, обсяг перевезень, тип електрорухомого складу [3,4].

Розрахунок електричних навантажень. На конкретному прикладі, показати, як розраховують електричні навантаження для різного рухомого складу, показати основні допуски щодо розрахунків електричних навантажень [3,4].

Вибір і обґрунтування методу розрахунку. Узагальнений аналітичний метод розрахунку. Показати, що в зв'язку зі значною похибкою вихідних даних, що залежать від погодних умов, регулярності руху, умов експлуатації, припустима похибка розрахунків становить 10-15%, що не має істотного впливу на економічні показники системи електропостачання. Довести, що метод перетину графіка неприйнятний для розрахунку на МЕТ [3,4].

Висновок і вибіркове опитування студентів.

Контрольні питання

1. Які основні допущення використовують при розрахунку електричних навантажень ділянок тягових мереж?
2. Які основні методи розрахунку застосовують при розрахунках внутрішнього електропостачання електричного транспорту?
3. Сутність методу перетину графіка, область застосування.
4. Як розрахувати поправочні коефіцієнти при розрахунку струму одного поїзда у разі відмінності від базових умов?
5. Сутність методу рівномірно-розподіленого навантаження; область його застосування.
6. Сутність узагальненого аналітичного методу; основні допущення, що використовують в цьому методі?

Заняття 5. РОЗРАХУНОК РЕЙКОВОЇ МЕРЕЖІ

Зміст: Заходи щодо обмеження блукаючих струмів струморозділу; розрахунок розгалуженої рейкової мережі.

Мета заняття: Показати, що основною технічною вимогою при розрахунку рейкової мережі є дотримання умови неперевищення максимальних втрат напруги в рейковій мережі до кінця ділянки або до точки струморозділу, навчити відшукувати точку струморозділу при паралельному живленні, в тому числі - при розгалуженій мережі.

Вступ: Звернути увагу на те, чим обумовлюється обмеження втрат напруги в рейковій мережі до кінця ділянки або до точки струморозділу.

Розрахунок рейкової мережі. Заходи з обмеження блукаючих струмів. Нормування втрат напруги в рейковій мережі. Показати, що для розрахунку рейкової мережі найбільш зручним є метод рівномірно - розподіленого навантаження. Необхідно коротко зупинитися на заходах щодо обмеження блукаючих струмів тільки в плані розрахунку рейкової мережі. На конкретному прикладі показати вибір крапки приєднання НЖЛ [1, 3, 20].

Відшукування точки струморозділу. Зручніш за все показати це на конкретному прикладі.

Розрахунок розгалуженої рейкової мережі. Переконати, що звичайним способом у цьому випадку відшукати точки струморозділу не вдається, при цьому точки струморозділу можуть перебувати на декількох ділянках або на одному, залежно від конкретного випадку розподілу навантаження і конфігурації мережі [1, 3, 20].

Підведення підсумків заняття, коротке опитування студентів.

Контрольні питання:

1. У зв'язку з чим обмежуються максимальні втрати напруги в рейковій мережі до кінця ділянки або до точки струморозділу?
2. Як розраховують максимальні втрати напруги в рейковій мережі?
3. Чим викликана необхідність коригування табличного значення припустимих втрат напруги в рейковій мережі?
4. Як розраховують точку струморозділу в разі паралельного живлення нерозгалуженої рейкової мережі?
5. Які типи рейок застосовують на МЕТ?
6. Чим викликана вимога еквіпотенціальності точок приєднання негативних живильних пунктів рейкової мережі?

Заняття 6. РОЗРАХУНОК ЖИВИЛЬНИХ ЛІНІЙ

Зміст: Вибір перерізу кабелів, перевірка за нагріванням перерізу кабелів.

Мета заняття: Навчити самостійно вибирати переріз струмоведучої жили кабелів живильних ліній і робити висновок про припустиме навантаження існуючих кабельних ліній.

Вступ: Показати важливість цього питання в забезпеченні надійної роботи системи електропостачання за рахунок правильного проектування та експлуатації дорогих кабельних живильних ліній [3, 4, 5, 7, 14, 20,].

Вибір перерізу негативних живильних ліній. Звернути увагу, що негативна живильна лінія з'єднана з рейковою мережею, яка є джерелом блукаючих струмів, тому перерізу повинен бути перевірений за економічними втратами напруги, а вибір за економічною щільністю струму є тільки попереднім. Крім того, слід показати необхідність взаємного резервування кабелів. При перевірці за нагріванням звернути увагу на те, що вона здійснюється у вимушеному режимі. Вирішити це завдання [3, 4, 5, 20].

Вибір перерізу позитивних живильних ліній. Звернути увагу на те, що позитивна живильна лінія трамвая, позитивна й негативна лінії тролейбуса не зв'язані із землею й величина їхнього потенціалу не має впливу на блукаючі струми. Тому вибір перерізу ефективним струмом лінії й економічної щільності струму є остаточним. При перевірці за нагріванням звернути увагу, як розраховують ефективний струм живильних ліній у вимушеному режимі. Вирішити конкретне завдання [3, 4, 20].

Підведення підсумків і контрольне опитування студентів.

Контрольні питання:

1. Як забезпечують надійність електропостачання при проектуванні негативних живильних ліній?
2. Як здійснюють вибір перерізу негативних живильних ліній трамвая?
3. В якому режимі здійснюють вибір перерізу негативних живильних ліній трамвая і чому?
4. Як здійснюють вибір перерізу позитивних живильних ліній трамвая, позитивних і негативних ліній тролейбуса?
5. В якому режимі здійснюють перевірку за нагріванням перерізу живильних ліній?
6. Як здійснюють перевірку за нагріванням живильних ліній?
7. Як розраховують ефективний струм у вимушеному режимі для негативних і позитивних ліній трамвая?

Заняття 7. РОЗРАХУНОК КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

Зміст: Еквівалентний струм. Вибір перерізу контактних і посилюючих проводів і тросів. Нормування втрат напруги в елементах тягової мережі.

Мета заняття: Набуття студентами практичних навичок з розрахунку контактної мережі для проектування та експлуатації; вміння вибрати переріз контактних і посилюючих проводів і тросів, а також одержання знань в області нормування втрат напруги в елементах тягової мережі.

Вступ: Показати важливість цього питання, а саме, що забезпечення надійності й безперебійності електропостачання МЕТ, а також його працездатність багато в чому залежить від рівня напруги в контактній мережі; довести, що швидкість руху залежить від рівня напруги, обґрунтувати необхідність нормування втрат напруги в тяговій мережі до кінця ділянки або до точки струморозділу [3, 4, 5, 10, 16].

Еквівалентний струм. Відпрацювати зі студентами поняття «еквівалентний струм»; показати, що це поняття теоретичне й введене з метою розрахунку найвигіднішого перерізу контактних і підсилюючих проводів і тросів. Назвати, що таке «економічна щільність струму» і від чого вона залежить [3, 4, 16].

Вибір перерізу контактних проводів і тросів. Звернути увагу, на те, що вибір перерізу проводів здійснюють з економічних міркувань, а перевірка за виконанням вимог норм і правил – за величиною втрат напруги до кінця ділянки або точки струморозділу, причому хоча безпосередньо втрати напруги в контактній мережі не нормуються, але від їхньої величини залежить нормований технічний показник загальних втрат напруги, тому з практики розрахунків рекомендують мати втрати напруги в контактній мережі на рівні не більшому за $(60 - 65)\text{В}$. На конкретному прикладі розглянути вибір перерізу контактних і посилюючих проводів; перевірити втрати напруги в контактній мережі в нормальному режимі і порівняти їх з припустимими втратами [3, 4, 10].

Заключна частина. Перевірка розрахунків, нетривале опитування студентів.

Контрольні питання:

1. Пояснити поняття «еквівалентного струму», з якою метою воно введено в розрахункову практику?
2. Як здійснюють вибір перерізу контактних і підсилюючих проводів, а також підсилюючих тросів?
3. Чому при виборі перерізів контактних проводів треба враховувати ступінь їх зношування?
4. Які типи проводів застосовують для контактних, а які для підсилюючих тросів?
5. Як нормують припустимі втрати напруги в контактній мережі?
6. Чим викликана необхідність нормування втрат напруги в тяговій мережі до кінця ділянки або до точки струморозділу (за паралельного живлення)?

Заняття 8. ВИБІР ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

Зміст: Вибір числа і місця розташування тягових підстанцій.

Мета заняття: Придбати практичні навички на вибір числа тягових підстанцій і їхнього місця розташування, виходячи з економічних міркувань на підставі визначення координат центру ваги електричних навантажень.

Вступ: Показати важливість цього питання, а саме залежність від вибору місця розташування підстанцій і їхнього числа економічних показників системи електропостачання МЕТ.

Вибір числа підстанцій. Коротко нагадати, як здійснюють вибір числа підстанцій при централізованій і децентралізованій системах електропостачання МЕТ. Крім того, зробити розрахунок робочої й установленої потужності тягових підстанцій на конкретному прикладі, попередньо розрахувавши максимальний струм тягової підстанції [2, 3, 4, 7].

Провести підсумкове заняття, відповісти на запитання, зробити контрольне опитування студентів .

Контрольні питання:

1. Як розраховують максимальний струм тягової підстанції?
2. Як розрахувати середній і ефективний струм тягової підстанції?
3. Як визначають місце розташування і число тягових підстанцій?
4. При якій системі електропостачання мають місце малі коливання напруги і навантаження в системі?

Заняття 9. ВИПРЯМНІ АГРЕГАТИ

Зміст: Вибір випрямних агрегатів і визначення потужності тягової підстанції.

Мета заняття: Дати практичні навички вибору (на вибір) випрямних агрегатів за централізованої і децентралізованої системах електропостачання, показати різницю; вивчити умови первинної оцінки числа працюючих агрегатів, навчитися розраховувати потужність тягової підстанції.

Вступ: Показати важливість цього питання, а саме в забезпеченні надійності й працездатності тягової підстанції, важливого показника - ступеня завантаження устаткування, від чого залежать економічні показники системи електропостачання МЕТ.

Вибір випрямних агрегатів. Звернути увагу на те, що число випрямних агрегатів вибирають за первинною оцінкою числа працюючих агрегатів, виходячи з двох умов: за ефективним струмом підстанції і за максимальним струмом підстанції з урахуванням відповідної перевантажувальної здатності випрямних агрегатів. Крім того, слід звернути увагу на необхідність резервування для забезпечення надійності, причому при централізованій системі електропостачання резервування здійснюють збільшенням числа агрегатів у порівнянні з розрахунковим, а при децентралізованій системі -

резервування за потужністю, тобто збільшують на 50% розрахунковий струм підстанції. Потім з урахуванням параметрів загального числа обраних агрегатів визначають величину встановленої потужності тягової підстанції [2, 3, 16, 17, 20].

Підведення підсумків і контрольне опитування студентів.

Контрольна робота за пройденим матеріалом

Контрольні питання:

1. Як здійснюють первинну оцінку кількості працюючих агрегатів при централізованій системі електропостачання?
2. Як розрахувати ефективний струм підстанції?
3. Як розрахувати максимальний струм тягової підстанції?
4. Як забезпечують необхідну надійність електропостачання при централізованій системі електропостачання?
5. Як здійснюють резервування з метою підвищення надійності електропостачання при централізованій системі?
6. Якими перевагами володіє децентралізована система електропостачання в порівнянні з централізованою системою?
7. Як розрахувати встановлену потужність тягової підстанції?

Заняття 10. ВТРАТИ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕТ

Зміст: Розрахунок втрат потужності й енергії в елементах системи електропостачання.

Мета заняття: Навчитися розраховувати втрати потужності в елементах системи електропостачання; зрозуміти, що середня втрата потужності в контактній і живильній лініях характеризує загальні економічні показники системи електропостачання й економічно доцільні перерізів проводів.

Вступ: Показати важливість цього питання, а саме що середня втрата потужності в контактній і живильній лініях характеризує загальні економічні

показники системи електропостачання, економічно доцільні перерізи проводів і є розрахунковою величиною. Середню втрату потужності визначають для всіх практично можливих графіків при розрахункових розмірах руху [3, 4, 7, 11, 14].

Розрахунок втрат потужності та енергії в елементах системи електропостачання: звернути увагу на те, що середня втрата потужності в тяговій мережі не повинна нормуватися, тому що доцільні значення цих величин виявляють в результаті економічних розрахунків. Розрахувати втрати потужності в контактній мережі й у живильних лініях відповідно до завдання. Звернути увагу, що для розрахунку річних втрат енергії необхідно визначити час втрат - це фіктивний час, протягом якого при реалізації споживачами найбільшої потужності виходять такі ж втрати в лінії, як і при дійсному графіку протягом року. Для характеристики графіка навантажень вводять поняття: час найбільшого навантаження - це час, протягом якого споживач, реалізуючи найбільшу потужність, одержує з мережі ту ж енергію, що і при реальному річному графіку. Розрахувати річні втрати енергії в контактній мережі й у живильних лініях [3, 4, 7, 11, 14].

Підведення підсумків заняття, опитування студентів.

Контрольні запитання:

1. Пояснити поняття «час втрат».
2. Пояснити поняття «час найбільшого навантаження».
3. Як розрахувати втрати потужності в контактній мережі?
4. Як розрахувати втрати потужності в живильних лініях?
5. Як розрахувати втрати енергії в лініях?
6. В яку пору року спостерігають найбільшу витрату енергії на МЕТ?

Заняття 11. КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕТ

Зміст: Розрахунок струмів короткого замикання, вибір уставок апаратів захисту тягової мережі. Захист від малих струмів короткого замикання.

Мета заняття: Дослідити причини виникнення коротких замикань; навчитися розраховувати сталі струми к. з.; усвідомити умову надійного

захисту лінії від струмів к.з., навчитися вибирати струми уставки апаратів захисту тягової мережі; освоїти захист від малих струмів к.з.

Вступ: Звернути увагу студентів на важливість цього питання, тому що при протіканні по контактним проводам надмірних струмів піддаються динамічному й термічному впливам. Особливо небезпечне к.з., що супроводжується виникненням електричної дуги. Якщо не вжити заходів до швидкого відключення місця к.з., то виникнуть перегрів контактного проводу, зруйнується устаткування і т.д [3, 4, 10, 14, 23].

Розрахунок струмів короткого замикання - розглянути схему заміщення дійсної ділянки тягової мережі, установити вид короткого замикання й розрахувати струм короткого замикання, попередньо визначивши параметри елементів ділянки тягової мережі [3, 4, 10, 14, 23].

Вибір струму уставки апаратів захисту - розрахувати максимальні струми живильних ліній, показати, що можливі кілька випадків при захисті від струмів к. з., а саме поява незахищених ділянок мережі, так званих мертвих зон. Вибрати струми уставки й визначити надійність захисту даної ділянки тягової мережі, у виразі наявності «мертвої зони» вибрати тип захисту від малого струму к. з. [3, 4, 10, 23]

Зробити підсумок заняття, та провести коротке опитування .

Контрольні питання:

1. Назвіть причини виникнення коротких замикань у тягових мережах.
2. Які види коротких замикань Ви знаєте?
3. Який вплив на контактний провід оказує струм короткого замикання?
4. Чим захищають тягову мережу від струмів короткого замикання?
5. Як розрахувати сталий струм короткого замикання?
6. Пояснити умову надійного захисту тягової мережі від струмів короткого замикання.
7. Який струм короткого замикання називають «малим» струмом к. з.?
8. Які види захисту від «малих» струмів к. з. застосовують на МЕТ?
9. Чим небезпечна наявність «малого» струму к. з. в тяговій мережі?

Заняття 12. ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ

Зміст: Зміст і технічне обслуговування контактної мережі й кабельної мережі.

Мета заняття: Освоїти правила технічної експлуатації в частині змісту й технічного обслуговування контактної і кабельної мережі.

Вступ: Пояснити, що надійна робота контактної мережі має бути забезпечена регулярними оглядами й ремонтом усіх її частин відповідно до системи й характеристиками ремонту контактної мережі трамвая і тролейбуса; показати важливість проблеми.

Зміст і технічне обслуговування контактної мережі; технічна документація; огороження місця проведення робіт; узгодження закриття руху, сезонне регулювання контактної мережі, відповідальність за стан контактної мережі, заміна контактної мережі, заміна контактного проведення. Звернути увагу на те, що забороняється з'єднувати проведення негативної полярності тролейбуса з негативними проводами трамвая через які-небудь електричні ланцюги (висвітлення, сигналізації, блокування і т.д.) [11, 14, 25, 27, 28, 29].

Зміст, технічне обслуговування кабельної мережі. Спочатку зупинитися на загальних вимогах, які ставлять до пристроїв кабельної мережі трамвая; вимогам яких документів повинні задовольняти пристрій і експлуатація кабельної мережі, яка має бути документація. Захист кабельних ліній від механічних пошкоджень, прокладка кабелю під трамвайними коліями і залізницями; припустиме перевантаження на час ліквідації аварії; застосування кабельних муфт; маркування кабелю; контрольні жили кабелю; строки його технічного обслуговування та ремонту. Охорона кабелю від можливих механічних пошкоджень, випробування кабелю [11, 14, 25, 27, 28, 29].

Підведення підсумків заняття і контрольне опитування студентів .

Контрольні питання

1. Яку технічну документацію повинен мати керівник районній диспетчерській контактній мережі?
2. На яких ділянках контактної мережі здійснюють сезонне регулювання і як часто?
3. В якому випадку підлягає заміні контактна мережа?

4. Яка величина припустимих втрат напруги до найбільш вилученого від шин ТП струмоприймача трамвая або тролейбуса за час ходу під струмом при розрахунковій частоті руху?
5. Яке середнє розрахункове падіння напруги від шин підстанції до найбільш вилучених точок ділянки живлення у вимушених і розвантажувальних режимах?
6. Що належить до пристроїв кабельної мережі трамвая й тролейбуса?
7. Вимогам яких документів повинен відповідати пристрій кабельної мережі для забезпечення надійного електропостачання трамвая й тролейбуса?
8. Яка глибина закладення кабелю в ґрунті?
9. Від чого залежить величина перевантаження кабельних ліній напругою до 10 кВ включно протягом п'яти діб на час ліквідації аварії?
10. Які муфти слід застосовувати на кабельних лініях змінного струму 6-10 кВ і постійного струму до 1000 В?

Заняття 13. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕТ

Зміст: Основні правила технічної експлуатації тягових підстанцій (ТП). Загальні вимоги. Вимоги до устаткування.

Мета заняття: Вивчити загальні вимоги до ТП і їх устаткування, навчити користуватися нормативно-технічною документацією, закріпити на практиці відомості, отримані на лекції щодо призначення устаткування; дати пояснення відносно термінів, які використовують в теорії і практиці електропостачання міського електричного транспорту.

Вступ: Звернути увагу студентів, що ТП відносяться до пристроїв високої небезпеки, у зв'язку з чим, їхня експлуатація і технічний стан устаткування повинні строго відповідати вимогам ПУЕ, ПТЕ, ПТБ [7,14,15,16].

Застосовувані терміни й визначення (основні). Розглянути основні терміни й визначення, супроводжуючи їх прикладами, поясненнями. Звернути увагу на терміни "тягова підстанція", "централізована й децентралізована системи електропостачання", "тягова мережа", "контактна мережа" [7,14,15,16].

Загальні вимоги до ТП: Звернути увагу на те, що міський електричний транспорт (МЕТ) відноситься до споживачів першої категорії (згідно з ПУЕ). На кожній підстанції (телекерована або автоматична) повинні бути не менш ніж два вводи. Крім того, всі ТП, які споруджують і реконструюють, повинні бути обладнані пристроями автоматики [7, 14, 15, 16].

Вимоги до стану устаткування: розглянути їх по черзі, звернувши особливу увагу, що живильні лінії 600 В повинні бути захищені швидкодіючими автоматичними вимикачами або керованими перетворювачами, які забезпечують захист від струмів короткого замикання й перевантажень. Докладніше слід зупинитися на вивченні захисного заземлення, дати визначення, що підлягає заземленню і чому. Коротко розглянути поняття АВР і АПВ [7, 14, 15, 16].

Підведення підсумків заняття і короткий контроль знань студентів у вигляді вибіркового опитування.

Контрольні питання:

1. Які основні вимоги використані для складання «Правил технічної експлуатації трамваїв і тролейбусів»?
2. Покажіть відмінності централізованої і децентралізованої системи електропостачання.
3. Дайте визначення терміну "тягова підстанція".
4. Дайте визначення поняття "тягова мережа".
5. Вимогам яких документів повинна відповідати електротягова підстанція?
6. До споживачів якої категорії відноситься міський електричний транспорт (згідно з ПУЕ), які основні вимоги у зв'язку з даною категорією до роботи системи електропостачання.
7. Чим захищаються живильні лінії напругою 600 В, який захист повинен бути забезпечений?
8. Які вимоги ставлять до заземлюючого пристрою електротягової підстанції?

9. Дайте визначення терміну "напруга кроку".
10. Дайте визначення терміну "напруга дотику".
11. Призначення автоматичного повторного включення?
12. Поясніть призначення автоматичного включення резерву.
13. Дайте визначення поняття «призначення пристроїв автоматичного контролю ізоляції».

Заняття 14. ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТП

Зміст: Зміст і технічне обслуговування електротягових підстанцій.

Мета заняття: Практично ознайомитися з основами системи технічного обслуговування і ремонту ТП й основним устаткуванням, що забезпечує виведення заданого елемента на технічне обслуговування і ремонт, з типами знаків і плакатів, що застосовуються в електричних установках.

Вступ: Підкреслити важливість цього питання, ознайомитись з завданнями й структурою змісту та технічного обслуговування електротягових підстанцій.

Види робіт, що включають у систему технічного обслуговування й ремонту: розглянути призначення кожного виду робіт; строки, періодичність їхнього виконання; позачерговий огляд устаткування й виконання ремонтних робіт; строки випробувань електроустановок й устаткування; висновок про придатність електроустаткування до експлуатації, оформлення результатів випробувань [19, 25-29].

Обслуговування ТП без постійного чергового персоналу; роботи на ТП, пов'язані зі зняттям напруги з контактної мережі; призначення роз'єднувачів; дії персоналу при відсутності АПВ, строки технічного обслуговування, ремонту й випробувань устаткування ТП. Основні знаки й плакати для застосування в електричних установках, «Правилами техніки безпеки» при експлуатації електроустановок споживачів [19, 25-29].

Умови надійного захисту тягової мережі трамвая й тролейбуса від струмів перевантаження й струмів короткого замикання в найбільш віддаленій точці КМ. На конкретному прикладі розглянути вибір вставки швидкодіючого автоматичного вимикача, розрахувати струм короткого замикання в найбільш віддаленій точці, зробити висновок щодо надійності захисту живильної лінії. Особливо обґрунтувати необхідність спеціальних видів захисту в разі наявності "малих" струмів к.з. [19, 25-29].

Зробити підсумок про важливість знання ПТЕ в області технічного обслуговування й ремонту тягових підстанцій.

Вибірковий контроль засвоєння матеріалу.

Контрольні питання:

1. Які види робіт повинна включати система технічного обслуговування і ремонтів?
2. Основне призначення технічного обслуговування.
3. У чому полягає поточний, середній і капітальний ремонт?
4. В якому випадку призначають позачерговий огляд устаткування й виконання ремонтних робіт?
5. Хто встановлює строки випробувань електроустановок та устаткування, на підставі яких документів?
6. На підставі чого дають висновок щодо придатності електроустаткування до експлуатації?
7. Як оформляють результати випробувань?
8. З ким узгоджують роботи на ТП, пов'язані зі зняттям напруги із КМ і чому?
9. Для чого призначені роз'єднувачі і якими пристроями вони управляються?
10. В якому випадку дозволяється оперативному персоналу робити повторне включення, скільки разів і на який час?
11. Назвіть групи знаків і плакатів для застосування в електричних установках, за призначенням.
12. Поясніть умови надійного захисту тягової мережі електричного транспорту від перевантаження й струмів к.з. у найбільш віддаленій точці КС.

ЗАДАЧІ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

ЗАДАЧА № 1

Вивчення конструкцій контактних дротів, арматури і вузлів (трамвайні рухомі затиски – ЗПО і ЗПД, стикові затискувачі - ЗСП, затискувач електроз'єднуючий що живить КД - ЗЕП, затискувач з'єднувальний розпір – ЗСР, тролейбусний підвісний затискач - ЗПВ, затискувач стиковий тролейбусний – ЗС, затискувач підвісний струновий – ЗПС-1, ЗПС-2).

Підвіси: ізолюваний підвіс для одного дроту на прямій ділянці – ППО, двох дротів – ПКД, ПКО – одного дроту на криволінійній ділянці.

Підвіси для жорсткої підвіски – ПЖ (з овальною голівкою):

а) трамвайні підвіси з ізолюваними болтами циліндровою :

ПРЦ-1 – для прямого шляху на один дріт;

ПРЦ-2 – для прямого шляху на два дроти;

КСЦ-1 – для криволінійної ділянки на один дріт;

ПЦ-1 – стельовий.

б) тролейбусні підвіси:

ПНО – неізолюваний одноплечий;

ПНД – неізолюваний одноплечий;

ЕГА-1 – вузол підвішування і фіксації.

Ізоляція контактної мережі

а) натяжні і підвісні ізолятори;

б) ізолятори для спеціальних частин.

ИП-1 (2) – натяжні пряжкові ізолятори;

ИТФ-3 – такелаж фарфоровий.

И-1,2, (12кН) Ізолятори планочні з деревношарового пластика ДСП-Б.

И-1,7 (17 кН)

ИКП – пластмасовий;

БО – болт ізоляційний з овальною ;

БЦ – болт ізоляційний з циліндровою .

ЗАДАЧА №2

Вивчення конструкцій спецчастин.

1. Секційні ізолятори:

а) СИ-6Д – тролейбусний з дугогасінням;

СИ-6ДУ – подовжений, тролейбусний, для комплектування стрілочного вузла СТУ-5;

СИ-6М – тролейбусний, полегшений для комплектації перетинів контактних ліній тролейбуса типів МПИ-5 і МПИ-5-1.

2. Перерізи контактних дротів трамвая і тролейбуса

а) МПИ-5 – дріт тролейбуса;

МПИ-5-1

б) МТТ-40/90 – перетин трамвайної лінії з тролейбусною;

МТИ-1-35/90 – перетин трамвайної лінії з тролейбусною.

в) СТУ-5 – керована тролейбусна стрілка;

СТС-5 – східна стрілка;

ССУ – східний стрілочний вузол;

ВУСУ-74 – керована стрілка.

3. Вантажні компенсатори.

4. Температурний гвинт.

5. Криві утримувачі:

КД25/45, КД 10/25 – кривого утримувача.

ЗАДАЧА №3

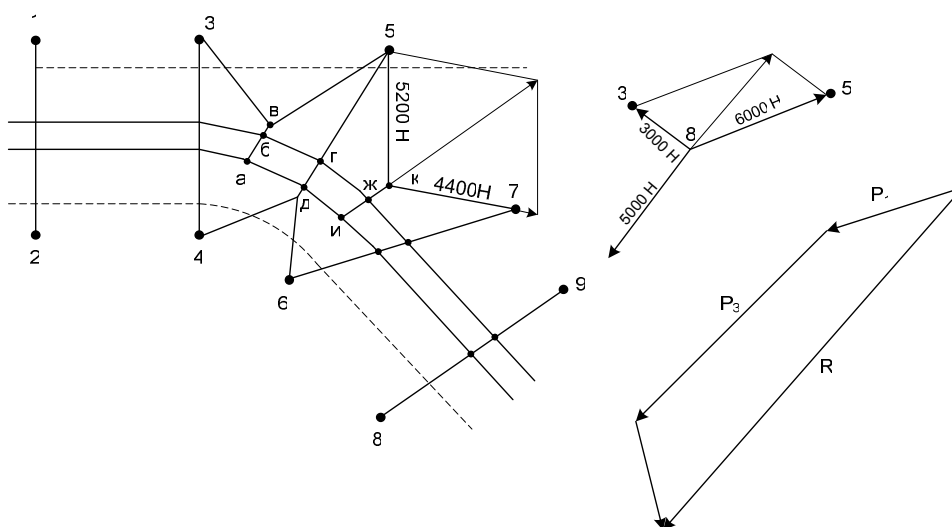


Рис. 1

№1. Підібрати тип опори з порядковим номером 5 (рис. 1) для установки на криволінійній двоколінійній ділянці трамвая.

Дані розрахунку: радіус кривої внутрішньої 50м; контактний дріт МФ-85; сила тяжіння комплекту підвісу для одного дроту на кривій 25 Н; відтяжки 20 Н; висота контактного дроту в точці підвісу 5,8м. Для криволінійної ділянки прийнятий ухил з вищої сторони кривої 1:20, з внутрішньої – 1:10.

Вирішення: Довжина хорди

$$a = 4\sqrt{R \cdot b} = 4\sqrt{50 \cdot 0,3} = 12,5 \text{ м},$$

зусилля від одного дроту на підвісі (зусилля від зламу контактного дроту) $Z = 2500 \text{ Н}$. Зусилля в кожній з відтяжок δ - β і γ від двох дротів буде по $2Z = 5000 \text{ Н}$. Зусилля, що діє на сторону в-5 косинця 3-в-5, визначимо графічно, розклавши зусилля у відтяжки. На стороні косинця в-5 навантаження складе 6000 Н і 3000 Н на сторону в-3.

Висоту закріплення сторони косинця в-5 на опорі визначаємо по відстані від точки δ до перетину відтяжки з перпендикуляром, опущеним з точки опори 5; вона позначена на кресленні в прийнятому масштабі: $l_1 = 26 \text{ м}$.

$$h_1 = h_{np} + h_a + \frac{l_1}{n} = 5,8 + 0,1 + \frac{26}{20} = 7,15 \text{ м}.$$

Виконуємо аналогічні побудови для косинця 5-к-7, зусилля косинця к-5, рівне 5300 Н , відстань $l = 25 \text{ м}$.

Висота закріплення сторони к-5:

$$h_2 = 5,8 + 0,1 + \frac{25}{20} = 7,15 \text{ м}.$$

Розрахунок 5-2-д-е

$$G_1 = q_{np} \left(\frac{l_1 + l_2}{2} \right) + G_{арм} = 7,45 \cdot \left(\frac{12,5 + 12,5 + 12,5 + 12,5}{2} \right) + 45 = 231,25 \text{ Н},$$

$$q_{np} = 0,76 \cdot 9,81 = 7,45 \text{ Н / м},$$

$$G_2 = q_{np} \left(\frac{l_3 + l_4}{2} \right) + G_{арм} = 7,45 \cdot \left(\frac{12,0 + 12,0 + 12,0 + 12,0}{2} \right) + 45 = 223,8 \text{ Н}.$$

Зусилля для зовнішньої ділянки кривої:

$$P_3 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} \left[(G_1 + G_2) \cdot n_2 + \frac{g_{n1} \cdot l_n \cdot n_2}{2} + P_1 + P_2 \right] = \\ = \frac{20}{10 + 20} \left[(231,25 + 223,8) \cdot 10 + \frac{1,52 \cdot 28 \cdot 10}{2} + 2500 + 2500 \right] = 9762,8 \text{ Н}.$$

Висота закріплення троса на опорі 5 при відстані $l_n = 28 \text{ м}$ (вимірюється за кресленням).

$$h_3 = h_{np} + h_a + \frac{l}{n} = 5,8 + 0,1 + \frac{28}{20} = 7,05 \text{ м}.$$

За висотою підійде залізобетонна опора, що має вільну висоту 8,5 м.

Приведемо всі навантаження до цієї висоти:

Від сторони косинця в-5:

$$P_1 = \frac{P \cdot h_1}{h_b} = \frac{6000 \cdot 7,15}{8,5} = 5,047, \text{ Н}.$$

Від сторони косинця к-5:

$$P_2 = \frac{5300 \cdot 7,15}{8,75} = 4458, \text{ Н}.$$

Від поперечини 5-а-д-е

$$P_3 = \frac{9762,8 \cdot 7,05}{8,5} = 8097, \text{ Н}.$$

Побудувавши мотузяний багатокутник сил, визначаємо результуюче навантаження $R = 10800 \text{ Н}$. Для такого навантаження підходить залізобетонна опора СНЦ-10-12, яка має вільну висоту 8,5 м і нормативне навантаження 12кН.

№2. Підібрати тип опори з порядковим номером (7) (Рис. 1). Дані ті ж.

№3. Підібрати тип опори з порядковим номером 6 і 8 (Рис. 1). Дані ті ж.

ЗАДАЧА № 4

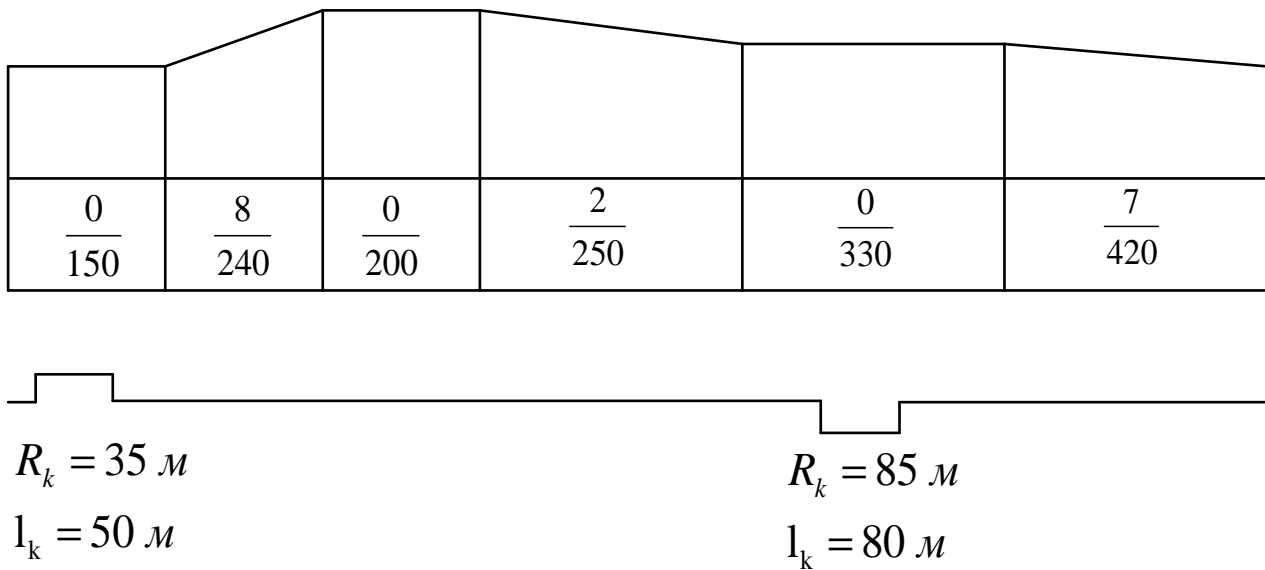


Рис. 1 - Профіль ділянки прикладу визначення навантаження

Варіант № 1. Визначити навантаження на ділянці, якщо по ньому курсують одиночні потяги із загальною масою потягу з пасажирами 25 т; основний опір руху $\omega_p = 55 \text{ Н/т}$, ККД двигунів $\eta_n = 0,76$; швидкість виходу на автоматичну характеристику $V_z = 25 \text{ км/г}$; швидкість на початку гальмування $V_m = 22 \text{ км/г}$; прискорення потягу на початку гальмування $a_n = 0,8 \text{ м/с}^2$; сповільнення при гальмуванні $b_m = 1,2 \text{ м/с}^2$; коефіцієнт інерції мас $\gamma = 0,1$, що обертаються; число перегонів $p = 3$; пуск послідовно-паралельний; інтервал проходження $t = 3 \text{ min}$.

Вирішення: витрату електричної енергії A на розрахунковій ділянці, відносно 1т маси потягу і за відсутності рекуперативного гальмування визначаємо за формулою:

$$A = 2 \left\{ \frac{\omega_{cp} + i_a}{2_{cp}} \cdot L_y + K_o \cdot P \left[\frac{V_z^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot 2_{cp}} \left(1000 \cdot K_y - \frac{\omega_z}{a_n} \right) + \frac{K_n \cdot V_n^2}{2 \cdot 3,6^2} \left(1000 \cdot K_y + \frac{\omega_n}{d_n} \right) \right] \right\} k_0,$$

де k_0 - коефіцієнт, що враховує відхилення умов руху від нормальних у найбільш важкі періоди, а також витрату на освітлення, роботу двигуна компресора вентилятора. ($k_0 = 1,12$).

$k_y - 1,1$; $k_a - 0,5$;

k_d - коефіцієнт, що враховує збільшення втрат електричної енергії за рахунок додаткових пусків і гальмувань ($k_d = 1,15$),

можна застосовувати $W_T = W_n = W_{cp} = 55 \text{ H} / \kappa\text{H}$

Визначаємо опір руху на кривих:

$$\text{При } R_k = 35 \text{ m} \quad W_k = \frac{450}{35} \cdot 9,31 = 130 \text{ H} / \kappa\text{H} ;$$

$$\text{При } R_k = 85 \text{ m} \quad W_k = \frac{450}{85} \cdot 9,31 = 52 \text{ H} / \kappa\text{H} .$$

Еквівалентний ухил:

$$i_g = \frac{\sum (i_b - W_{cp}) \cdot l_b + 2 \sum W_k \cdot l_k}{2L_n} = \frac{(2,5 \cdot 240 + 1,5 \cdot 420) + 2(13,3 \cdot 50 + 5,8 \cdot 80)}{2 \cdot 1590} \cdot 9,81 = 12,7, A.$$

Витрата енергії на 1 т маси:

$$A = 2 \left\{ 0,76 \frac{1590(55 + 12,7)}{1} + 1,15 \cdot 3 \left[\frac{22^2}{2 \cdot 3,6^2 \cdot 0,76} \cdot \left(1000 \cdot 1,16 - \frac{55}{0,8} \right) + \frac{0,5 \cdot 25^2}{2 \cdot 3,6^2} \left(1000 \cdot 1,1 + \frac{55}{1,2} \right) \right] \right\} \times$$

$$\times 1,12 = 617000 \frac{\text{Bm} \cdot \text{с}}{\text{T}}.$$

Величина середнього струму на ділянці:

$$I_{cp} = \frac{A \cdot G \cdot n}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 21c} = \frac{617000 \cdot 25 \cdot 20}{3,6 \cdot 10^3 \cdot 550} = 155,8, A,$$

де n – число потягів за годину:

$$n = \frac{60}{t} = 60 / 3 = 20$$

№ 2. Для профілю ділянки (рис. 1) визначити завантаження за методом базових струмів потягу. (див. ці метод. вказівки, с. 22-24).

Дані: тип рухомого складу – Т-3; $V_g = 19 \text{ км} / \text{год}$; довжина перегону (500 - 550 м). Інтервал проходження $t = 3 \text{ хв}$. Число перегонів $p = 3$.

ЗАДАЧА № 5

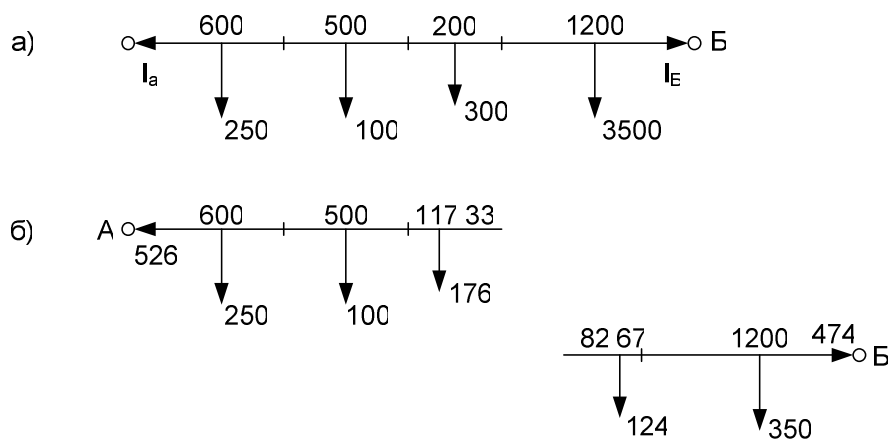


Рис. 1 - Замкнута рейкова мережа з двома пунктами приєднання О.П.Л в А і Б.

№ 1. Розрахункова схема замкнутої рейкової мережі показана на рис. 1. Відстані дані в м, струми ділянок - амперах. Знайти втрату напруги в рейках до точки струмоприймача.

Вирішення. Знаходимо точку струморозподілу в схемі:

$$I_A = \frac{\sum_1^m I_i L_i}{\sum_1^m L_i} = \frac{350 \cdot 600 + 300(100 + 1200) + 100(250 + 1400) + 250(350 + 1900)}{2500} = 526, \text{ A},$$

$$I_B = \sum_1^m I_i - I_A = 250 + 100 + 300 + 350 - 526 = 474, \text{ A}.$$

Відповідно до знайдених струмів I_A і I_B точка струморозподілу на навантаження 300А. Дольові струми цього навантаження складають 176 і 124 А:

$$I_A = 250 + 100 + 176 = 526, \text{ A}; \quad I_B = 124 + 350 = 474, \text{ A}.$$

Ділянку, на якій прикладене навантаження 300 А, розділимо на дві частини, пропорційні одержаним складовим:

$$L_A = 200 \cdot \frac{176}{300} = 117.33, \text{ м}; \quad L_B = 200 \cdot \frac{124}{300} = 82.67, \text{ м}.$$

Результати розрахунку схеми з одностороннім живленням показані на рис. 1, б.

Для двоколіїної ділянки опір на одиницю довжини чотири рейкових ниток PSO визначаємо за формулою:

$$r_{op} = \frac{1,5}{50 \cdot 4 \cdot 10^3} = 7.5 \cdot 10^{-6}, \text{ ом / м}.$$

Втрата напруги рейках від пункту А до точки струморозподілу

$$\Delta U_A = Z_{op} \sum_1^m I_s \cdot L_s = 7.5 \cdot 10^{-6} \left[250 \cdot 300 + 100 \cdot 850 + 176 \left(\frac{117.33}{2} + 1100 \right) \right] = 2.729, \text{ В},$$

від пункту Б до точки струморозподілу

$$\Delta U_B = 7.5 \cdot 10^{-6} \left[350 \cdot 600 + 124 \left(\frac{82.67}{2} + 1200 \right) \right] = 2.729, \text{ В}.$$

ЗАДАЧА № 6

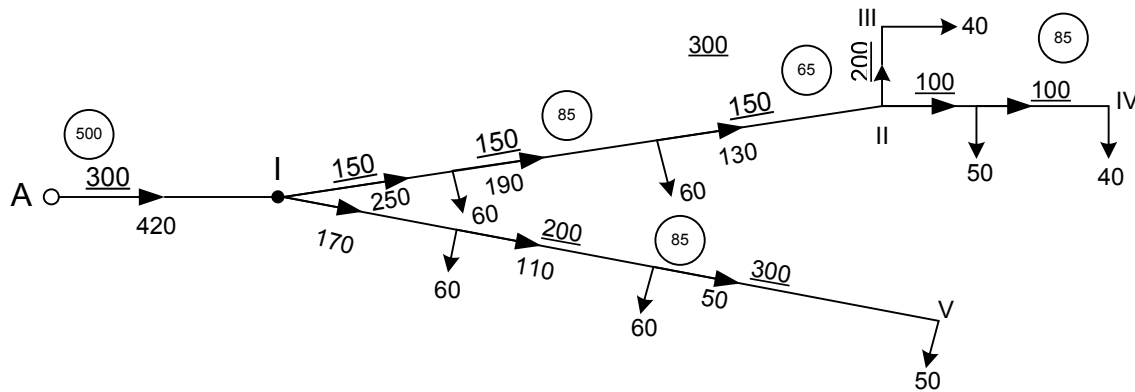


Рис. 1 - Схема двопровідної тролейбусної контактної мережі

Варіант 1. Визначити найбільші втрати напруги в двопровідній (тролейбусній) мережі (рис. 1). Напруга живлячого пункту А дорівнює 600 В. На ділянці А-І прокладені кабелі з алюмінієвими струмопровідними жилами, на решті ділянок - підвішені в кухлі, позначають переріз (мм²) дротів і кабелів. Підкреслені цифри – довжини ділянок (м).

Вирішення. У цьому випадку дана розгалужена мережа з одностороннім живленням в пункті А, тому втрати напруги на окремих ділянках мережі будуть [1, 9, 10, 11]

$$\Delta U_{A-I} = \frac{2}{\gamma \cdot S_1} \sum_1^n I_k l_k = \frac{2 \cdot 420 \cdot 300}{32 \cdot 500} = 15,8, B;$$

$$\Delta U_{I-II} = \frac{2}{56 \cdot 85} (250 + 190 + 130) 150 = 36, B;$$

$$\Delta U_{II-III} = \frac{2}{56 \cdot 65} \cdot 40 \cdot 200 = 5,2, B;$$

$$\Delta U_{III-IV} = \frac{2}{56 \cdot 85} (90 + 40) \cdot 100 = 5,5, B;$$

$$\Delta U_{I-V} = \frac{2}{56 \cdot 85} (170 \cdot 120 + 110 \cdot 200 + 50 \cdot 300) = 30, B.$$

Найбільші втрати напруги на ділянках А - III, А - IV, А - V складуть:

$$\Delta U_{A-III} = 15,8 + 36 + 5,2 = 57, B;$$

$$\Delta U_{A-IV} = 15,8 + 36 + 5,5 = 57,3, B;$$

$$\Delta U_{A-V} = 15,8 + 30 = 45,8, B.$$

Найбільша втрата напруги буде на ділянці А - IV.

ЗАДАЧА № 7

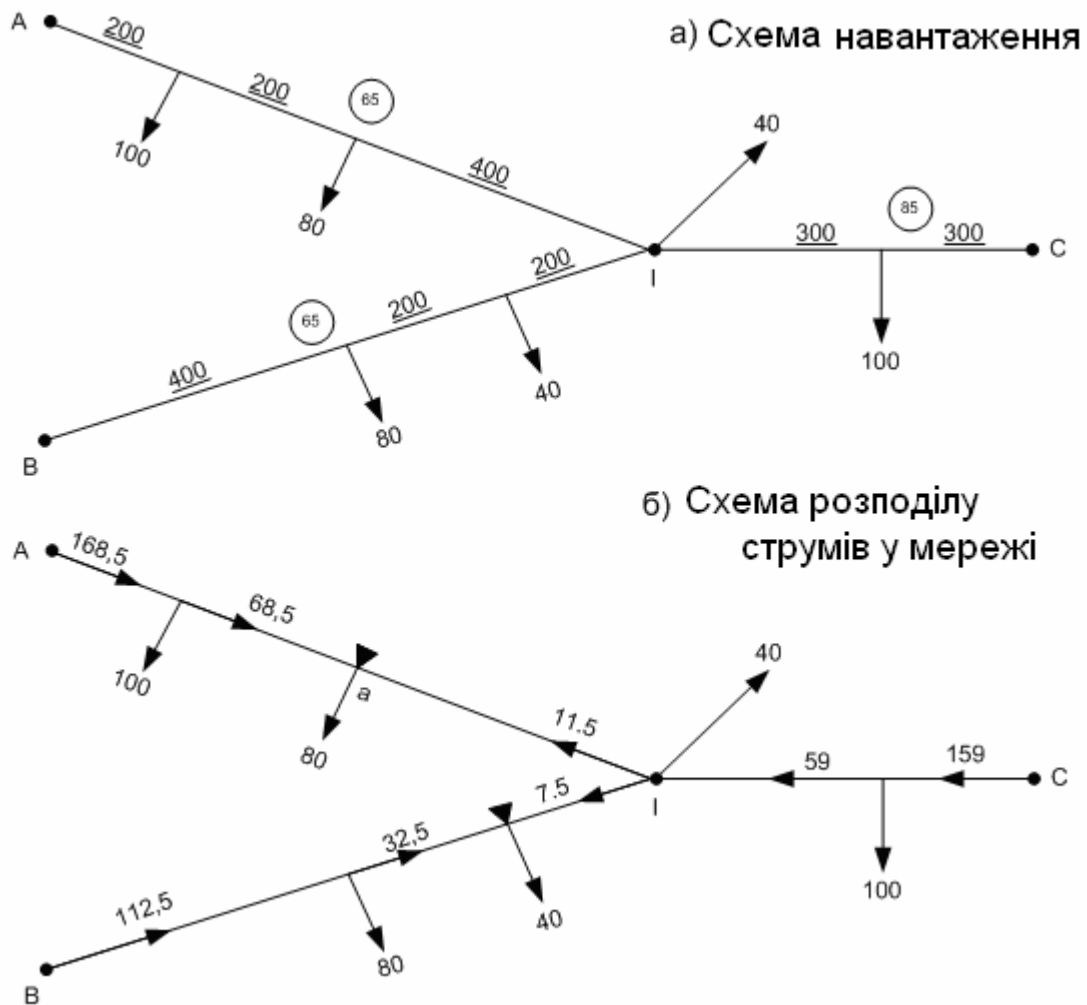


Рис. 1 - Схема розрахунку мережі з одним вузловим пунктом

№1. У мережі постійного струму з одним вузловим пунктом знайти розподіл струмів і максимальну величину втрат напруги. Напруги всіх пунктів живлення (А, В, С) рівні [1, 9, 10, 11]:

$$\Delta U_i = \frac{2}{\gamma \cdot \sum \frac{S}{L}} \left(\sum \frac{i \cdot l}{L} + I_1 \right) B.$$

Відповідно до даних схеми маємо:

$$\frac{S_a}{L_a} = \frac{G_5}{900} = 0.072; \quad \frac{S_B}{L_B} = \frac{65}{800} = 0.081; \quad \frac{S_C}{L_C} = \frac{85}{600} = 0.142;$$

$$\sum \frac{S}{L} = 0,072 + 0,081 + 0,142 = 0,295.$$

$$\frac{\sum i_a \cdot l_a}{L_a} = \frac{100 \cdot 200 + 80 \cdot 500}{900} = 67, A;$$

$$\frac{\sum i_b \cdot l_b}{L_b} = \frac{80 \cdot 400 + 40 \cdot 600}{80} = 70, A;$$

$$\frac{\sum i_c \cdot l_c}{L_c} = \frac{100 \cdot 300}{600} = 50, A;$$

$$\frac{\sum i \cdot l}{L} = 67 + 70 + 50 = 187, A.$$

Приймаючи провідність контактного дроту $\gamma = 56 \text{ м/Ом} \cdot \text{мм}^2$, одержимо:

$$\Delta U_1 = \frac{2}{56 \cdot 0.295} \cdot (187 + 40) = 27.5, B.$$

$$I_a = \frac{U_1 - U}{2R_A} + \frac{\sum_1^n i_a \cdot l_a}{L_a} = \frac{-27.5 \cdot 56 \cdot 65}{2 \cdot 900} + 67 = 11.5, A;$$

$$I_b = \frac{U_1 - U}{2R_B} + \frac{\sum_1^n i_b \cdot l_b}{L_b} = \frac{-27.5 \cdot 56 \cdot 65}{2 \cdot 800} + 70 = 7.5, A;$$

$$I_c = \frac{U_1 - U}{2R_C} + \frac{\sum_1^n i_c \cdot l_c}{L_c} = \frac{-27.5 \cdot 56 \cdot 85}{2 \cdot 600} + 50 = -59, A;$$

Перевірка: $I_a + I_b + I_c + I_1 = 11.5 + 7.5 - 59 + 40 = 0$.

Негативне значення струму I_c показує, що струм не від вузла, а до вузла.

Розподіл струмів у мережі показаний на схемі б. Струми струморозділу знаходяться в двох місцях: на ділянцях А-І і В-І.

Втрати напруги до точки струморозділу від живлячого пункту А:

$$\Delta U_{A-a} = \frac{2}{56 \cdot 65} (168.5 \cdot 200 + 68.5 \cdot 300) = 29.5, B.$$

Те ж саме від живлячого пункту В:

$$\Delta U_{B-b} = \frac{2}{56 \cdot 65} (112.5 \cdot 400 + 32.5 \cdot 200) = 28.5, B.$$

Для перевірки знайдемо величину втрат напруги від живлячого пункту С до точки струморозділу «а»:

$$\Delta U_{C-a} = \frac{2}{56 \cdot 85} (159 \cdot 300 + 59 \cdot 300 + 11.5 \cdot 400) = 29.5, B.$$

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Загальні вимоги

Підготовка і порядок проведення занять у лабораторії електропостачання електричного транспорту

Лабораторні заняття мають на меті поглибити й закріпити теоретичні знання, отримані студентами на лекціях, навчити їх методам експериментальних і наукових досліджень, прищепити навички наукового аналізу й узагальнення отриманих результатів, навички роботи з лабораторним устаткуванням, апаратурою, вимірювальними приладами й обчислювальною технікою.

Для роботи в лабораторії електропостачання ЕТ викладач за участю старости групи останню на бригади і призначає старших цих бригад. У процесі занять всі операції з виконання експерименту проводяться по командах старшого бригади, що несе відповідальність за правильне виконання експерименту і за дотримання правил і заходів безпеки членами бригади.

Лабораторні заняття є одним з найважливіших етапів вивчення основ електропостачання. Вони можуть бути ефективними лише в тому випадку, якщо кожен студент буде в достатній мірі підготовлений до чергового заняття. При підготовці до нього кожен студент повинний:

- вивчити за конспектом або підручником теоретичний матеріал, що відноситься до даної роботи;
- вивчити за методичними указівками до лабораторних робіт електричні схеми випробувань, усвідомити призначення усіх її елементів;
- ознайомитися з влаштуванням, елементами керування, порядком роботи і мірами безпеки при роботі на стенді;
- приготувати на бланку звіту таблиці для запису експериментальних і розрахункових даних, записати формули, за якими будуть виконуватися обчислення, зарисувати електричну схему дослідів.

Перед початком робіт викладач шляхом перевірки необхідних матеріалів і опитування перевіряє готовність студентів до роботи. **Студенти, які погано підготовлені чи не представили звіт про попередню роботу, до виконання чергової роботи не допускаються.**

При виконанні експериментів відліки показань вимірювальних приладів виконують за командою старшого бригади «Відлік». Показання приладів записують в таблиці у тих одиницях, що нанесені на шкалах приладів, тобто у вольтах, амперах і т.д.

По закінченні досліду студенти перевіряють отримані результати шляхом побудови на міліметровому папері кривої (характеристики). Якщо частина точок не розташовується на кривій, а різко випадає, то це вказує на відсутність у студентів навичок проведення експерименту, або на наявність перешкод під час проведення досліду. У цьому разі експеримент повинен бути повторений. **Результати досліду показують викладачеві.**

Після перевірки викладачем даних, отриманих студентами при випробуваннях, всі елементи керування стенда повинні бути приведені у вихідний стан, після чого студенти приступають до оформлення звіту про виконану роботу.

Перед закінченням занять викладач підводить підсумки занять, коротко аналізує дії студентів при виконанні робіт, ставить задачі на наступне заняття.

ЗВІТ ПРО РОБОТУ

Про виконану роботу кожен студент складає звіт. Він повинен бути написаний акуратно, чорнилом чи пастою, всі графічні побудови - простим м'яким олівцем із застосуванням креслярського інструменту.

Звіту оформлюється після виконання роботи (експериментів) на основі записів у робочому зошиті.

Звіт повинен містити: назву роботи, її номер і дату виконання, номер навчальної групи, прізвище і ініціали виконавця, мету, програму (завдання) і електричну принципову схему дослідів, таблиці з результатами вимірів і

обчислень, діаграми і графіки, формули, за якими виконувалися обчислення, приклад обчислень по кожній формулі, короткі висновки (висновок) по роботі. Особливу увагу слід звернути на виконання графічних робіт. Усі схеми повинні бути виконані відповідно до стандартних умовних графічних позначень з показом усіх використаних приладів і апаратів. На графіках, виконаних олівцем, не допускаються надписи, зроблені чорнилом. Креслення не повинне містити зайвих позначень і пояснень - гарне креслення зрозуміле і без них. При побудові графіків треба вибирати зручні для побудови і використання масштаби, тобто такі, щоб в одному сантиметрі шкали укладалося число вимірюваних одиниць, кратне 1,2,5,10,25 і т.д. Бажано, щоб графіки мали розміри 10x10 чи 10x15 см. На осях координат, на шкалах масштабів через кожні 1-2 див. Нульове значення масштабу, як правило, вибирають на початку координат. Вибір ненульових початкових значень вимірюваних величин допускається в тих випадках, коли необхідно виділити ту частину графіка, в межах якої величина, що цікавить нас, змінюється дуже повільно.

Побудова кривих (характеристик) виконується на міліметровому папері у масштабі. Для чого на графік спочатку наносять експериментальні точки, а потім злегка (слабкими рисками) проводять криву. Якщо на графіку кілька характеристик, то кожна з них повинна бути позначена відповідним написом.

Таблиці повинні бути пронумеровані арабськими цифрами і мати тематичний заголовок, що вміщує (записується) над таблицею нижче слова « таблиця № _».

При виконанні розрахунків слід звернути особливу увагу на узгодження одиниць виміру усіх величин, що входять у розрахункову формулу, з обов'язковою вказівкою одиниці виміру розрахункової величини. Розрахунки виконувати (оформляти) в наступній послідовності: записати розрахункову формулу з літерними позначеннями вхідних у неї величин, підставити числові значення величин у погоджених одиницях виміру і записати результат, обов'язково позначивши одиницю виміру. В усіх розрахунках повинні бути

використані числові значення величин в одиницях міжнародної системи одиниць (СИ).

Зняті й побудовані характеристики треба ретельно проаналізувати. Студент зобов'язаний вміти пояснити зняті характеристики, показавши, які фізичні процеси вони відображають, які фізичні процеси відображують форми (вид) характеристик.

У коротких висновках по роботі повинна бути дана оцінка відповідності вимірів теоретичним положенням і розрахунковим даним.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Дослідження технічних характеристик індукційних вимірювальних реле струму

1. Мета роботи

Вивчення методики випробувань і набуття практичних навичок з настройки й визначення основних технічних характеристик вимірювальних реле струму, заснованих на індукційному принципі дії.

2. Основні відомості

2.1. Будова і принцип дії вимірювальних реле струму типу РТ-80

Індукційними називаються реле, в яких обертальний момент, що діє на рухому систему, виникає в результаті взаємодії змінних у часі магнітних потоків із струмами, індукованими цими потоками в рухомій частині реле. Тому на індукційному принципі можуть виконуватися тільки реле змінного струму.

У релейних захистах тягових підстанцій найбільше поширення набули вимірювальні струмові реле типу РТ-80. Реле цієї серії за принципом дії є комбінованими, тобто складаються з двох елементів: індукційного, що утворює обмежено залежну характеристику витримки часу від струму в обмотці реле, і електромагнітного, що забезпечує миттєве спрацювання ("відсічення") при

відповідних кратностях струму в обмотці. Обидва елементи виготовляють з використанням однієї загальної магнітної системи [2,18,19,20].

Основними органами індукційного елемента є електромагніт 1 і диск 2, що обертається на осі (рис. 1). На нижньому і верхньому полюсах електромагніту насаджені короткозамкнуті мідні витки 3 (екрани), що охоплюють частину перерізу магнітопроводу.

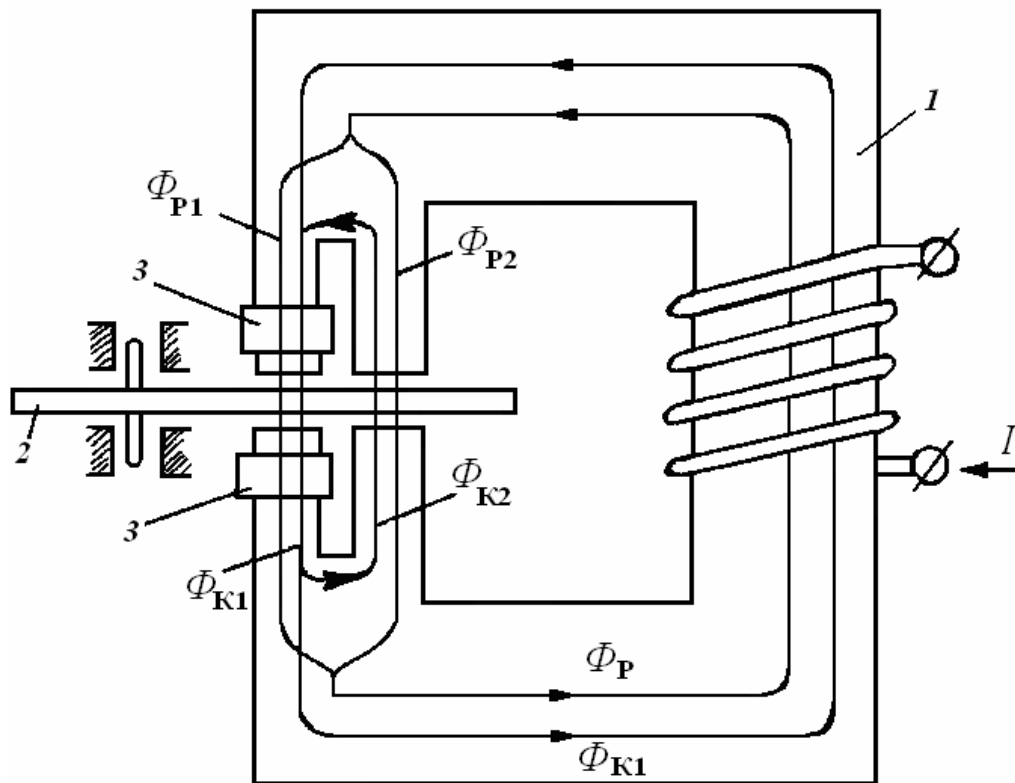


Рис. 1 - Магнітна система реле РТ-80

Магнітний потік $\dot{\Phi}_{p1}$, що проходить через екрановану короткозамкнутим витком частину полюса, наводить у витку е.р.с.

$$E_k = -j\omega\dot{\Phi}_{p1},$$

що відстає від основного потоку на кут 90° .

Оскільки індуктивність короткозамкнутого витка невелика, можна вважати, що струм у ньому визначається активною провідністю g_k і, отже, співпадає по фазі з е.р.с.

$$I_k = -jg_k\omega\dot{\Phi}_{p1}.$$

Цей струм створює свій магнітний потік Φ_k , який підсумовується з відповідними частинами основного магнітного потоку $\dot{\Phi}_{p1}$ і $\dot{\Phi}_{p2}$, отже, з - під перетину полюса, охопленого короткозамкнутим витком, виходить результуючий потік:

$$\dot{\Phi}_1 = \dot{\Phi}_{p1} + \dot{\Phi}_{k1},$$

а з-під перетину другої частини полюса –

$$\dot{\Phi}_2 = \dot{\Phi}_{p2} - \dot{\Phi}_{k2}.$$

Таким чином, при протіканні струму в обмотці реле під його полюсами виникають два магнітні потоки, зсунуті один щодо одного в просторі й за фазою.

З теоретичних основ електротехніки відомо, що, коли під полюсами електромагніту змінного струму помістити провідник, обтічний змінним струмом, то за умови однорідності поля на нього діятиме змінна сила, миттєве значення якої рівне:

$$F = l_n \cdot B(t) \cdot I(t) = l_n \cdot \sin(\omega t) \cdot I \sin(\omega t - \varphi),$$

де l_n - довжина провідника;

B - амплітудне значення магнітної індукції змінного поля між полюсами;

I - амплітудне значення сили струму в провіднику;

φ - кут зсуву фаз між струмом у провіднику і індукцією магнітного поля в зазорі.

Рухома система індукційних реле струму виконана у вигляді алюмінієвого диска, частина якого знаходиться між полюсами електромагніта. Магнітний потік в зазорі між полюсами перетинає диск і наводить в ньому е.р.с, відстаючи за фазою від потоку на кут 90° . У свою чергу, наведена е.р.с. викликає в диску вихровий струм, магнітне поле якого, взаємодіючи з основним потоком, приводить до появи виштовхуючої сили. Оскільки рухома частина реле виконана такою, що обертається, то зручніше силу, діючу на диск, замінити на відповідні значення моменту обертання.

З теорії індукційних приладів відомо, що момент, діючий на диск, рівний

$$M_{ep} = K \cdot \Phi_1 \cdot \Phi_2 \cdot \sin \Psi,$$

де ψ - кут зсуву між потоками Φ_1 та Φ_2 ;

K - коефіцієнт пропорційності, що враховує матеріал диска, його геометричні розміри, площа полюса електромагніту і т.п.

Оскільки в ненасиченій магнітній системі величини потоків Φ_1 та Φ_2 пропорційні величині струму, що проходить через обмотку реле, а кут ψ постійний, то

$$M_{ep} = K \cdot I^2.$$

Якщо надати диску можливість вільного обертання, під дією робочого моменту в ньому виникне гальмівний момент за рахунок індукованих е.р.с. різання $E_{рез}$, обумовлених перетином диском магнітних потоків Φ_1 і Φ_2 . У свою чергу, е.р.с. різання викликає появу в диску струмів різання $I_{рез}$, що перешкоджають, згідно із законом Ленца, обертанню диска. Цей гальмівний момент дістав назву моменту різання $M_{рез}$.

Для додаткового обмеження швидкості обертання диска його край поміщають між полюсами спеціально встановленого постійного магніта. Гальмівний момент M_g , діючий на диск, що обертається, визначається рівнянням

$$M_g = K_T \cdot \omega_g \cdot \Phi_T^2,$$

де K_T - коефіцієнт пропорційності;

ω_g - швидкість обертання диска;

Φ_T - магнітний потік, викликаний струмом різання.

Деяке гальмування диска відбувається також за рахунок сил тертя в підшипниках рухомої системи, в зубчастих і черв'ячних передачах.

Крім того, при обертанні рухомої частини виникають також сили інерції, що визначають момент інерції, який перешкоджує робочому моменту

$$M_H = -J \cdot E,$$

де J - момент інерції рухомої системи щодо осі обертання;

E - кутове прискорення рухомої системи.

З урахуванням сказаного можна вважати, що на рухому частину реле діють робочий і протидіючий моменти обертання, зв'язані між собою рівнянням

$$M_P = M_{PE3} + M_T + M_H.$$

Слід мати на увазі, що в міру збільшення струму в обмотці електромагніта відбувається насичення магнітопроводу і пряма пропорційність між величиною струму в обмотці і потоками Φ_1 і Φ_2 порушується. При подальшому збільшенні струму в обмотці реле щодо струму уставки (при великих краткостях струму) обертальний момент і швидкість обертання диска перестають зростати і, таким чином, струмотимчасова характеристика реле $t=f(I)$ набуває обмежено залежного характеру.

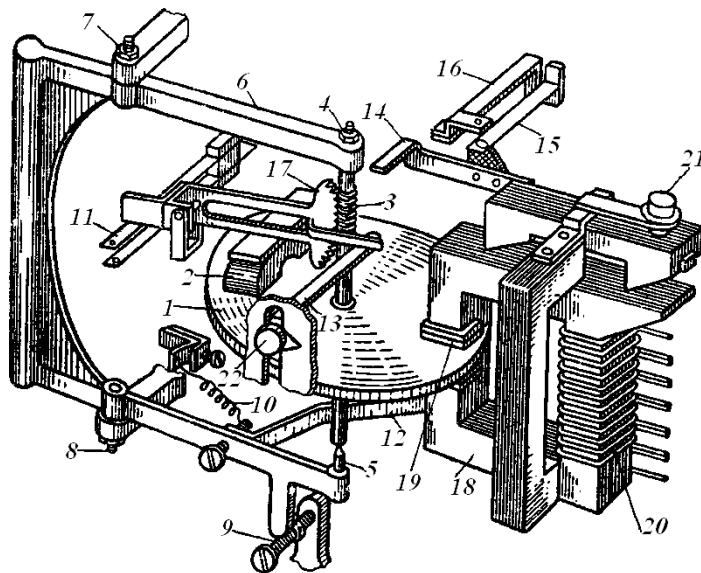


Рис. 2 - Кінематична схема реле РТ-80

Індукційний елемент реле (рис 2) складається з електромагніта 18 з короткозамкнутими витками 19 на полюсах. Обмотка 20 електромагніту має два відгалуження для регулювання струму спрацьовування, які підведені до штепсельного містка. Між полюсами електромагніта розташований алюмінієвий диск 1, віль якого укріплена на рухомій рамці 6. Рамка має свою нерухому віль обертання. При струмах в обмотці реле, менше струму спрацьовування індукційного елемента, рамка 6 відтягнута пружиною 10 в крайнє положення, при цьому черв'як, посаджений на віль диска, не зчеплений

із зубцями сегмента 17, який має нерухому вісь обертання і може вільно переміщуватися вгору і вниз. Нижнє положення сегмента фіксується пристроєм, регулюючим витримку часу. Цей пристрій складається з регулювального гвинта 21 і движка 13. При переміщенні вгору сегмент 17 своїм важелем піднімає коромисло 14, замикаючи контакти реле 15, 16. Диск починає обертатися при струмі, рівному 10-20% струму спрацьовування індукційного елемента реле. Але, при цьому обертанні замикання контактів не відбувається.

Окрім обертального моменту, на диск діє протидіюча сила $F_{\text{гальм.}}$, що визначає гальмівний момент. Як було показано вище, ця сила пропорційна швидкості обертання диска, отже, із збільшенням струму в обмотці, разом із зростанням обертального моменту відбувається зростання моменту гальмування. Стала швидкість обертання диска визначається рівновагою цих моментів (при збільшенні струму диск прискорюватиме оберти до тих пір, доки обидва моменти не зрівняються). У той же час рівнодіюча сил прагне повернути диск разом з рамкою навколо осі рамки 7, чому перешкоджає протидіюча сила пружини F_n .

Струмом спрацьовування індукційного елемента називається такий мінімальний струм, при якому сила P долає дію пружини 10 і рамка разом з диском обертається, приводячи черв'як 3 у зчеплення із зубчастим сегментом 17. При цьому завдяки обертанню диска черв'як піднімає вгору зубчастий сегмент. При переміщенні сегмента важіль стикається з коромислом електромагніта і підіймає його вгору. В результаті якір повертається на своїй осі таким чином, що повітряний зазор між електромагнітом і правою стороною якоря зменшується і він швидко притягується до електромагніта, замикаючи контакти за допомогою коромисла. У процесі роботи індукційного елемента за наявності зчеплення між черв'яком і сегментом на диск, що обертається, окрім розглянутих сил, діє також сила, обумовлена тертям у черв'ячній передачі і власною вагою сегмента. Ця сила виникає одразу, як тільки відбудеться зчеплення черв'яка з сегментом, при цьому швидкість обертання диска і результуюча сила F зменшується, що може привести до розчеплення черв'ячної передачі. Для запобігання можливості розчеплення служить сталеві скоба, яка

за рахунок потоків розсіяння забезпечує додаткове зусилля, що утримує рухома рамку в притягнутому стані.

Час від моменту зчеплення черв'яка із зубчастим сегментом до моменту замикання контактів називається часом спрацьовування реле. Цей час при заданій уставці залежить тільки від швидкості підйому сегмента вгору, що визначається швидкістю обертання диска, тобто величиною струму в обмотці. Таким чином, чим більше струм, тим більше швидкість обертання диска і швидкість підйому сегмента, тим менше витримка часу реле.

При струмі в реле, недостатньому для подолання дії протидіючої пружини, рамка повертається в початкове положення. Значення струму, при якому це відбувається, називається струмом повернення.

Магнітна система реле РТ-80 виконана таким чином, що приблизно при десятиразовому струмі спрацьовування відбувається її насичення і при подальшому збільшенні магнітний потік не зростає. Отже обертальний момент, швидкість обертання диска, а значить і витримка часу в цьому разі залишаються постійними. Таким чином, реле типу РТ-80 мають обмежено залежну струмочасову характеристику. Конструктивно реле виконують так, щоб його витримка часу залежала від шляху переміщення сегмента. Довжина цього шляху визначається початковим положенням сегмента, яке може регулюватися переміщенням спеціального гвинта. Завдяки цьому, для одного і того ж реле можуть бути одержані різні струмочасові характеристики (рис. 3).

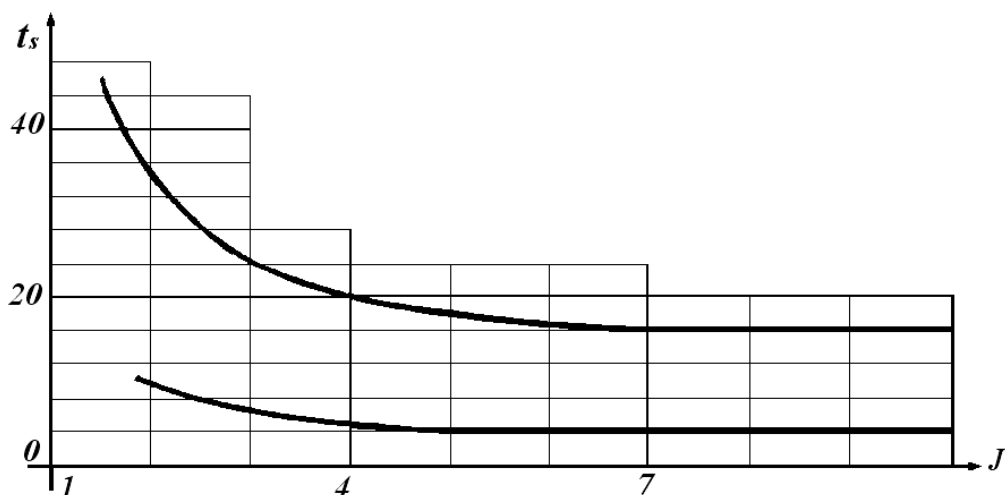


Рис. 3 - Струмочасові характеристики реле типу РТ-80

Струм спрацьовування індукційного елемента регулюють зміною числа витків обмотки за допомогою штепселя, що включається в те або інше гніздо

штепсельного містка. Електромагнітний елемент реле, виконуючий роль миттєвого струмового відсічення, складається із сталевго якоря, що має на лівому кінці коромисло, і замикаючого стержня, який разом з якорем утворює магнітопровід електромагнітного елемента. На якір діють потоки розсіяння електромагнітного реле. При струмах, що перевищують струм спрацьовування електромагнітного елемента, якір притягується і коромислом миттєво замикає контакти. Струм спрацьовування електромагнітного елемента регулюється зміною числа витків обмотки і зміною повітряного зазору між електромагнітом і правою стороною якоря. Регулювання струму відсічення можна здійснити в межах $2-8 I_{cp}$ індукційного елемента.

Використання в одному реле індукційного і електромагнітного елементів, а також вживання в індукційному елементі черв'ячної передачі й постійного магніту для створення протидіючої сили дозволяє виконати реле з надійною контактною системою, коефіцієнтом повернення, не менше 0,8 і з малою інерційною помилкою.

Коефіцієнт повернення індукційного елемента регулюється зміною глибини зчеплення черв'ячної передачі. На коефіцієнт повернення здійснює також вплив положення сталевго скоби. Глибина зчеплення визначається кутом повороту рухомої рамки, який регулюється обмежувачем.

У порівнянні з електромагнітними струмовими реле типу РТ-40 індукційні реле струму споживають значно більші потужності і мають вищі опори обмоток. Якщо обмотки реле підключити до малопотужного джерела струму, то можливе значне спотворення форми кривої струму і неправильна дія струмового відсічення. Тому при наладці реле регулювання струму спрацьовування відсічення повинне проводитися за допомогою потужного джерела струму синусоїдальної форми.

2.2. Технічні характеристики реле струму типу РТ-80

Індукційні реле максимального струму типу РТ-80 призначені для захисту електроустановок змінного струму при перевантаженнях і коротких замиканнях.

Струм початку вільного обертання диска складає не більше 30% струму спрацьовування індукційного елемента.

Похибка струму спрацьовування індукційного елемента щодо уставки не більше $\pm 5\%$, розкид струму спрацьовування не більше 4%.

Похибка струму спрацьовування відсічення при уставках індукційного елемента 4А (для реле з $I_{ном} = 10 \text{ A}$) і 3А (для реле з $I_{ном} = 5 \text{ A}$) не більше +30%.

Відхилення часу спрацьовування індукційного елемента від уставки при 4-кратному струмі уставки не повинне перевищувати значень, наведених в табл. 1.

Таблиця 1 - Припустимі відхилення часу спрацювання індукційних реле

Тип реле	Уставка часу спрацювання, с							
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	8,0	12	16
РТ-81	0,9	1,65	3,1	4,6	6,0	--	--	--
РТ-83								
РТ-85								
РТ-82	--	--	3,6	--	6,6	12,6	18,5	24
РТ-84								
РТ-80								

Розкид у часу спрацьовування при 1,5-кратному струмі уставки не перевищує одну секунду для чотири секундних реле і дві секунди для шести-секундних.

Споживана потужність реле на струмах уставки не більше 10 В·А.

Коефіцієнт повернення реле не менше 0,8.

2.3. Зміст і методика контролю технічних характеристик вимірювальних реле типу РТ-80

Як при новому включенні, так і при планових перевірках контроль технічного полягання реле здійснюється в наступному обсязі[2, 18]:

- зовнішній огляд;
- перевірка і регулювання механічної частини і контактів реле;
- перевірка стану реле;
- перевірка і регулювання електричних характеристик реле.

2.3.1. Зовнішній огляд реле проводять перед його розкриттям. При зовнішньому огляді перевіряють справність кожуха реле, а також надійності ущільнень, забезпечуючих пиле- і вологонепроникність. Всі контактні виводи не повинні мати ознак окислення, наконечники дротів надійно припаяні, а гайки туго затягнуті.

2.3.2. Перевірку механічної частини реле проводять в наступному порядку:

а) перевіряють щільність шихтовки сталі магнітопроводів і стан поверхні полюсів електромагніта та постійного магніту. Зазор між полюсами і диском не повинен перевищувати 0,3 мм з кожної сторони і залишатися незмінним при повороті диска на повний оборот;

б) визначають полягання обмотки реле і всіх струмопроводів. Ізоляція їх не повинна мати механічних пошкоджень, слідів підгару і т.п.;

в) перевіряють правильність кріплення постійного магніту. При правильному його положенні край диска не повинен виступати з-під зовнішньої грані його полюса;

г) перевіряють наявність і величину люфту осей. Вільний хід у вертикальному напрямі не повинен перевищувати 1мм біля рамки і 0,5 мм біля диска. Вільний хід в осьовому напрямі біля якоря повинен бути в межах 0,1-0,2 мм, біля сектора - не більше 0,5 мм. При повороті рамки від руки сектор повинен входити в зачеплення з черв'яком при будь-якому положенні покажчика витримки часу. Якір відсічення повинен повертатися без тертя і мати осьовий люфт 0,1-0,2 мм;

д) перевіряють полягання регулювальних гвинтів. Гвинти повинні вільно і без перекосу обертатися в своїх кублах;

е) визначають полягання підп'ятників, для чого збирають схему (рис.4). При плавному збільшенні струму в реле визначають таке значення, при якому диск починає обертатися, не будучи зчепленим з сектором. Згідно із заводськими інструкціями струм вільного обертання диска не повинен перевищувати значень, наведених в табл. 2.

Таблиця 2 - Струм початку обертання диска

Тип реле	Струм уставки індукційного елемента, А	Струм початку обертання диска, А
РТ-80/1	4	1,0
РТ-80/2	2	0,5

Якщо диск починає обертатися при струмах, що перевищують значення, вказані в таблиці, необхідно перевірити положення верхнього і нижнього підп'ятників і кульки, запресованої в осі диска.

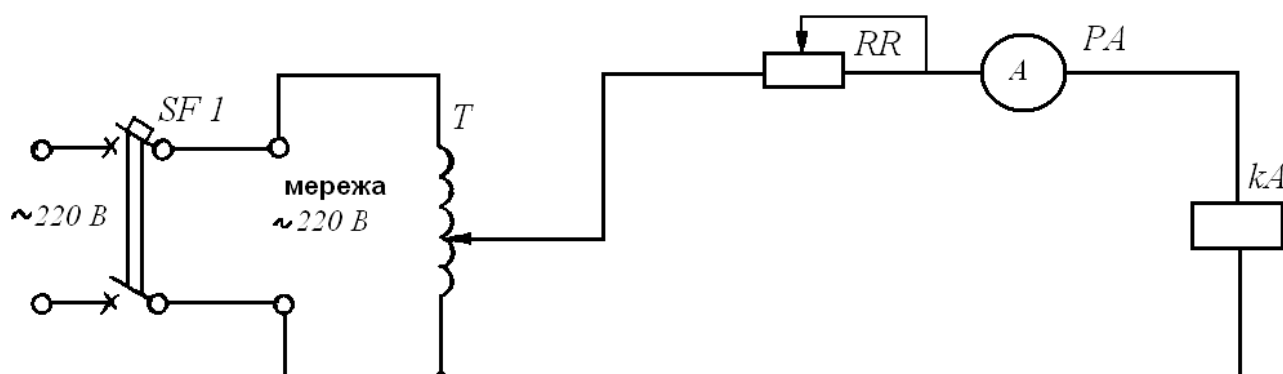


Рис. 4 - Схема визначення початку обертання диска

Для огляду підп'ятника необхідно, ослабивши кріпильну гайку, вивернути підп'ятник і, ретельно протерши, оглянути його через лупу п'ятишестикратного збільшення. Робочі поверхні не повинні мати вибоїн і подряпин. При виявленні дефектів підп'ятник підлягає заміні.

Для огляду кульки треба вивернути обидва підп'ятники і зняти шкалу реле. Робочі поверхні кульки також не повинні мати вибоїн і подряпин. При виявленні дефектів кульку замінюють. Якщо рамка має млявий хід або відбувається затирання в осі, аналогічному огляду піддають підп'ятники і осі рамки. Для зняття рамки необхідно вийняти диск і нижній підп'ятник рамки, потім, звільнивши пружину, подати рамку вправо і вивести палець з упору. Далі, опустивши рамку нижче за верхній підп'ятник, вийняти її в ліву сторону;

ж) перевіряють надійність зчеплення черв'ячної передачі. Для цього, встановивши витримку часу в одну секунду, рухому рамку повертають на себе

до зчеплення зубчастого сектора з черв'яком. Глибина зчеплення повинна бути такою, щоб між зубцями сектора і різьбою черв'яка після зчеплення зберігся невеликий зазор. Нормальна глибина зчеплення повинна складати $1/3$ глибини різьби черв'яка. При порушенні глибини зчеплення її регулюють зміною положення скоби. Для цього останню пересувають в овальних отворах приливу. Остаточне регулювання зчеплення проводять гвинтом;

з) перевіряють наявність і положення салазок, що оберігають контакти від торкання з кожухом;

і) визначають положення і проводиться регулювання контактів. Відстань між замикаючими контактами має бути не менше 3мм. При спрацьовуванні реле із замикаючими контактами або в режимі спокою реле з розмикаючими контактами нерухомі контакти повинні прогинатися до 0,8-1мм. Біля сигнальних контактів реле зазор повинен складати не менше 1,5 мм.

Контакти повинні мати сферичну форму, а їх поверхня бути чистою, не мати вибоїн і подряпин. Брудні й підгорілі контакти потрібно зачистити дрібним надфілем і відполірувати воронілом.

2.3.3. Перевірка і регулювання електричних характеристик реле

Перевірку електричних характеристик реле проводять в наступному обсязі [19]:

- а) перевірка струму спрацьовування електромагнітного елемента;
- б) визначення струму спрацьовування і обертання індукційного елемента;
- в) визначення коефіцієнта повернення індукційного елемента;
- г) визначення струмочасової характеристики;
- д) перевірка надійності роботи контактів.

1) Перевірку і регулювання струму спрацьовування (відсічення) електромагнітного елемента на робочій уставці проводять по схемі, представлений на рис. 5.

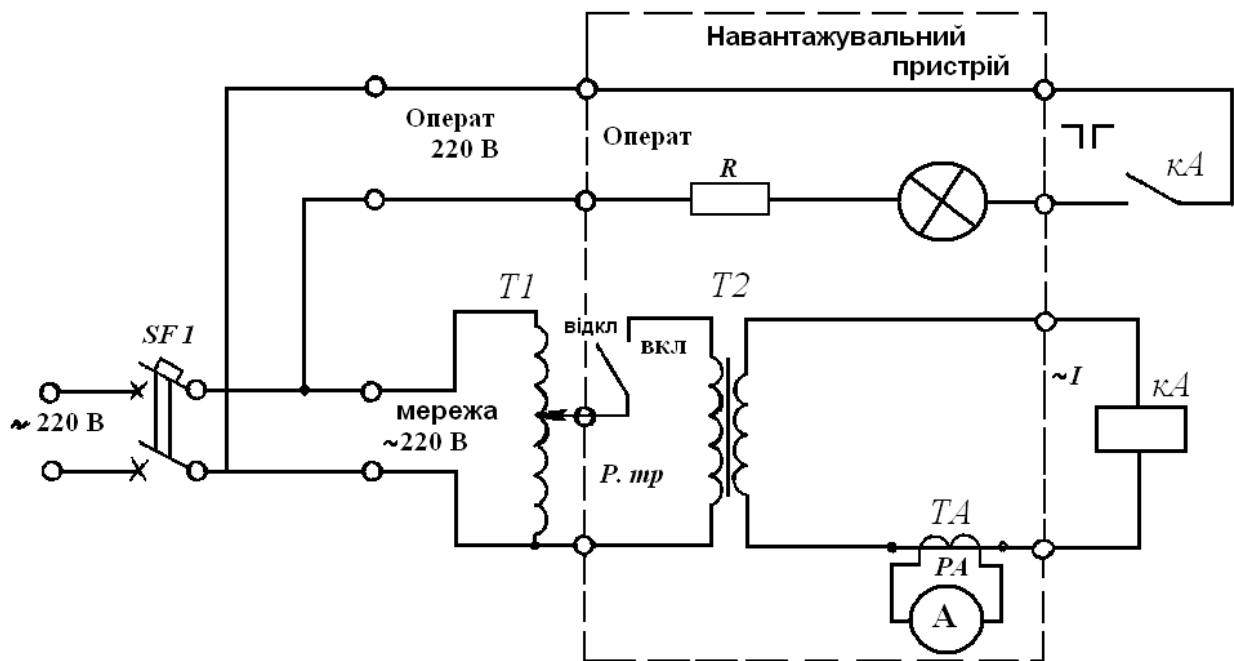


Рис. 5 - Схема перевірки й регулювання електромагнітного елемента

Перевірку проводять в такій послідовності:

- встановлюють необхідну уставку; при цьому рамку утримують рукою у відведеному стані;
- у вимірювальній схемі встановлюють струм, відповідний струму уставки реле, а потім цей струм відключають;
- рамку реле відпускають і реле накривають кожухом;
- через кожні 5-6 секунд подають струм в обмотку реле поштовхами, кожного разу трохи знижуючи величину струму до тих пір, поки відсічення не перестане спрацьовувати;
- уточнивши величину струму спрацьовування за амперметром, подають цей струм трьома короткими включеннями, якщо при цьому відсічення спрацює всі 3 рази, фіксують одержане значення струму в протоколі, інакше необхідне додаткове регулювання.

У разі значної розбіжності значень струму відсічення від результатів вимірювань, одержаних при попередніх випробуваннях, треба ослабити гвинт кріплення шкали відсічення і поворотом регулювальної головки встановити необхідний розподіл.

2) Струм спрацьовування і обертання індукційного елемента перевіряють на робочій уставці за схемою на рис. 5. Від 0,5 струму робочої уставки плавно збільшують струм в реле до величини струму спрацьовування. При розбіжності струму спрацьовування із струмом робочої уставки більш ніж на 3% необхідно провести регулювання зміною натягу пружини,

Величину струму повернення можна визначати двома способами: при плавному зниженні струму в реле у момент підходу важеля сектора майже впритул до коромисла відсічення, коли в зчепленні знаходяться всі нитки черв'яка, або при зменшенні струму поштовхом до величини струму повернення при такому ж положенні важеля сектора.

3) Перевірку і регулювання коефіцієнта повернення реле проводять за схемою рис. 5. Коефіцієнт визначається відношенням струму, при якому відбувається розчеплення черв'яка і зубчастого сегмента, до струму, при якому відбувається зчеплення цих елементів:

$$K_B = \frac{I_B}{I_{CP}}.$$

Для нормально відрегульованих контактів $K_B=0,8$ при визначенні струму повернення поштовхом і $K_B=0,84\div 0,87$ при плавному зменшенні струму. Якщо коефіцієнт повернення виявиться нижче за необхідну величину, то слід перевірити можливість зменшення глибини визначення черв'ячної передачі.

Якщо глибина визначення нормальна і зменшити її не можна, то коефіцієнт повернення можна підвищити, відгортаючи сталеву скобу рамки від магнітопровода. На закінчення необхідно перевірити роботу черв'ячної передачі (сектор не повинен зіскакувати при початку підйому коромисла відсічення), а також ще раз перевірити струм спрацьовування і, якщо він змінився, відрегулювати його зміною натягу пружини.

4) Характеристики часу спрацьовування реле на робочих уставках знімають за схемою, представленою на рис. 6, і порівнюють з типовими.

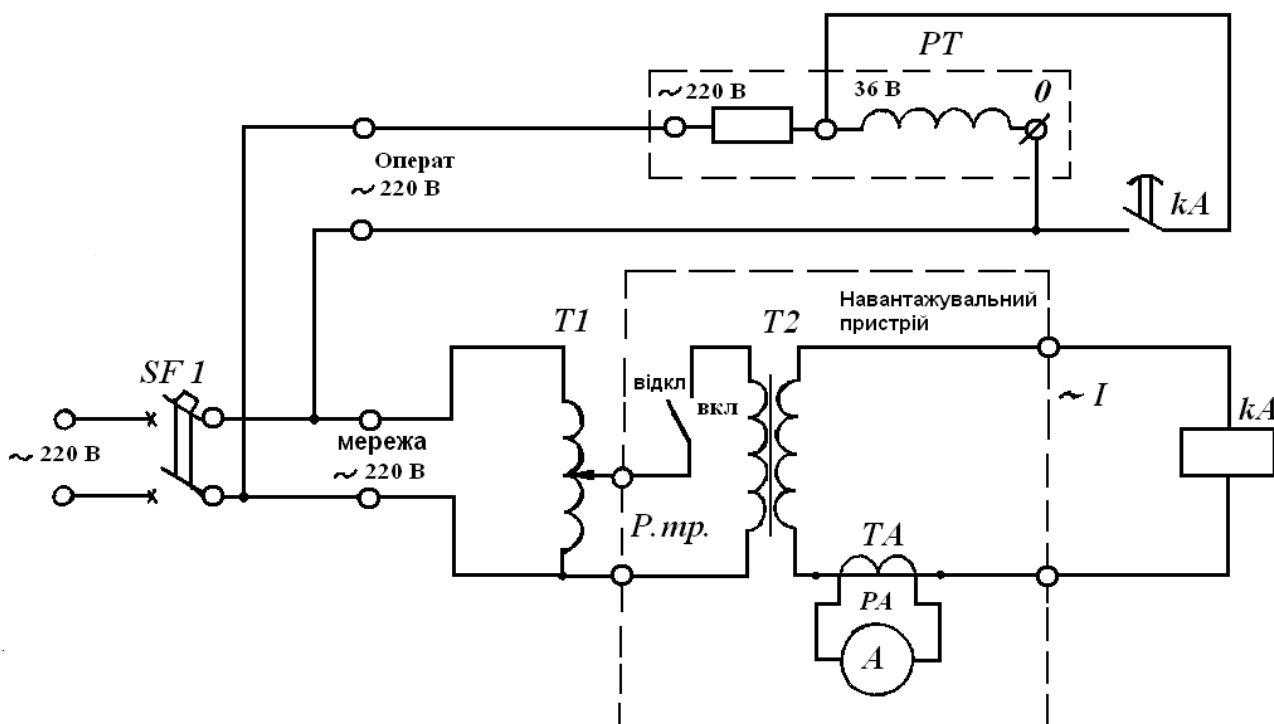


Рис. 6 - Схема визначення часу спрацювання індукційної частини реле

Характеристику знімають до незалежної частини ($8 \div 10 I$ уставки). Для кожної точки роблять три відліки і фіксують середнє значення показів секундоміра. Звичайно витримки часу вимірюють при 5-6 значеннях струму, зокрема при струмі спрацювання і заданих значеннях струму відсічення.

5) Відсутність вібрації контактів перевіряють при навантаженні на контакти, передбаченою схемою захисту. При перевірці слід підняти струм від $1,05 I_{cp}$ до максимально можливого значення струму короткого замикання, приведенного до вторинного струму. Подачу струму на реле проводять поштовхами з інтервалом 0,1 максимальні значення струму КЗ. У всьому діапазоні струмів замикання контактів повинне відбуватися без вібрації і іскріння.

3. Програма роботи

3.1. Вивчити принцип дії, конструкцію й технічні характеристики реле типу РТ-80, зафіксувати паспортні дані.

3.2. Провести зовнішній огляд реле.

3.3. Перевірити і відрегулювати механічну частину реле і контакти, перевірити величину струму початку обертання диска.

3.4. Зібравши відповідні випробувальні схеми, перевірити електричні характеристики реле:

- струм спрацьовування електромагнітного елемента;
- час спрацьовування індукційного елемента при 10-кратному струмі спрацьовування;
- струм спрацьовування і повернення індукційного елемента;
- коефіцієнт повернення індукційного елемента;
- струмочасову характеристику індукційного елемента і реле в цілому.

3.5. Випробувати роботу реле на заданій уставці.

3.6. Скласти протокол перевірки технічних характеристик реле типу РТ-80.

3.7. Оформити звіт по лабораторній роботі.

4. Опис лабораторної установки

Як лабораторну установку використовують штатний пристрій релейного захисту і керування масляним вимикачем лінії, що відходить, змонтоване в релейному відсіку високовольтної шафи комплектного розподільного пристрою типу КМ.

На рис. 7 поданий загальний вигляд поворотної панелі шафи з розміщенням на ній основних реле захисту і клемних колодок з виведеннями обмоток і контактів випробуваних реле.

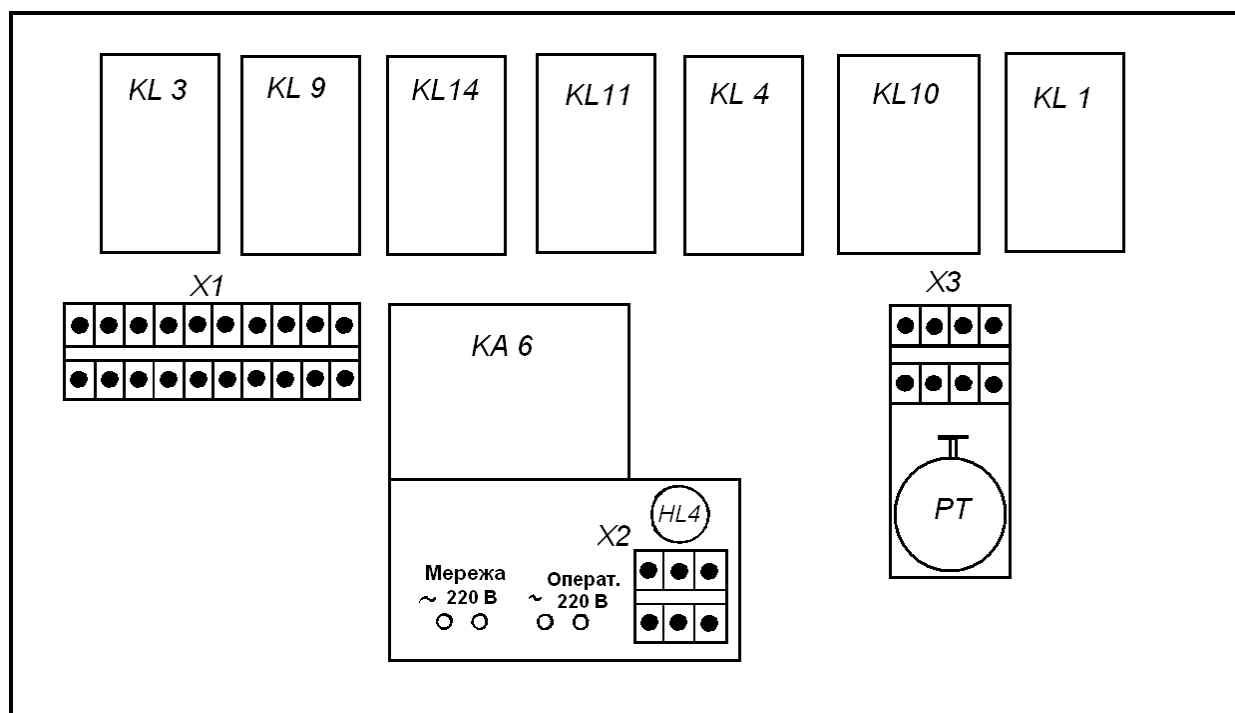


Рис. 7 - Загальний вигляд поворотної панелі шафи

Випробувальні схеми, передбачені програмою роботи, студенти збирають самостійно на столі. З'єднання схем з випробовуваними елементами пристрою захисту проводять гнучкими проводами із спеціальними наконечниками. При цьому керуються схемою випробуваного реле (рис. 8.), на якій у кружках вказані номер виведень реле, а рядом - номеру проводів, промаркірованих відповідно до монтажної схеми. Другий кінець цих проводів з аналогічною маркіровкою приєднаний до клемних колодок панелі X1.

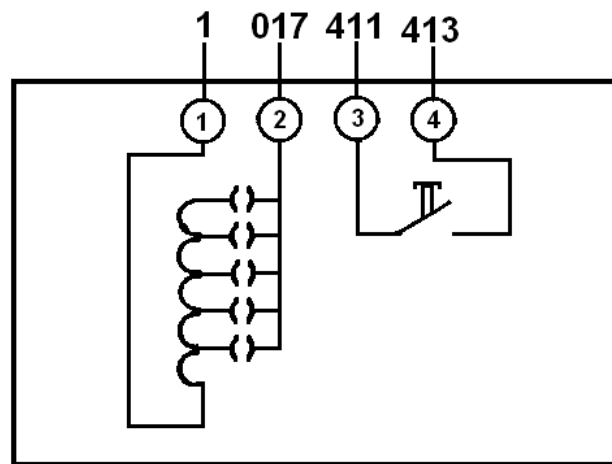


Рис. 8 - Схема керування випробуваного реле

Виходячи з особливостей використання релейної шафи, як лабораторна установка на поворотній панелі релейної шафи додатково встановлена плата з клемми джерела оперативної напруги «Операт. ~ 220 В» і клемми підключення живлення до випробувальних схем «Мережа ~ 220 В».

Подача напруги до клем здійснюється за допомогою автоматичного вимикача SF1, встановленого на задній панелі релейної шафи. Тут же на поворотній панелі встановлені секундомір РТ і сигнальна лампа НЛ 4, виводи яких приєднані відповідно до клем 1 «220», 2 «36», 3 «0», Х3 і «1», «2», Х2.

5. Вказівки до виконання роботи

5.1. Перед початком роботи необхідно:

1) вивчити принцип дії і будову реле типу РТ-80, а також зміст і технологію перевірки його технічних характеристик;

2) вивчити контрольно-вимірювальну і випробувальну апаратуру, що використовується при перевірках вимірювальних реле типу РТ-80;

3) підготувати звіт по лабораторній роботі, в якому повинні бути відображені мета й програма роботи, робочі схеми контролю і випробування, а також схеми і технічні характеристики апаратури, що використовуються при перевірках.

Робочі схеми складають на основі типових схем випробування, наведених в цій роботі, з урахуванням принципової і монтажною схем лабораторної установки.

5.2. Виконують роботу в послідовності, передбаченій програмою перевірки (розділ III), методика виконання окремих операцій наведена в пунктах 3.1, 3.2, 3.3.

5.3. По завершенні роботи оформляється формалізований протокол випробування реле РТ-80.

5.4. Заповняють відповідний протокол і завершують оформлення звіту по лабораторній роботі.

Контрольні питання

1. Призначення реле РТ-80.
2. З яких основних елементів складається реле РТ-80.
3. Регулювання струму спрацьовування залежної частини.
4. Регулювання струму уставки електромагнітної частини.
5. Регулювання часу спрацьовування залежної частини.
6. В якому релейному захисті застосовують реле РТ-80.
7. Призначення короткозамкнутого витка.
8. Які вимоги ставляться до релейних захистів.
9. На якому оперативному струмі працює реле РТ-80.
10. Поясніть струмочасову характеристику (рис. 3).
11. Які технічні характеристики підлягають контролю.
12. Порядок перевірки початку обороту диска.
13. Перевірка і регулювання електромагнітного елемента.
14. Порядок перевірки часу спрацювання індукційної частини реле.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Дослідження технічних характеристик електромагнітних вимірювальних реле типу РТ-40

1. Мета роботи

Вивчення методики випробування і придбання практичних навиків з настройки і визначення основних технічних характеристик вимірювальних елементів релейного захисту, заснованих на електромагнітному принципі дії, вивчення контрольно-вимірювальної і випробувальної апаратури.

2. Основні відомості

2.1. Будова і принцип дії вимірювальних реле струму типу РТ-40 [2,18].

Електромагнітними називаються такі реле, біля яких магнітне поле, створюване струмом обмотки, впливає на рухомий сталевий якір. Відповідно до конструкції реле підрозділяються на соленоїдні, клапанні й реле з поворотним якорем. Найбільше розповсюдження у схемах максимальних струмових захистів набули реле з поворотним якорем типу РТ-40 (рис. 1).

Магнітна система реле складається з П-подібного шихтованого осердя 1 і Г-подібного якоря 2. В осерді електромагніта під котушками є вирізи, призначені для зниження вібрації рухомої системи при великих і несинусоїдальних струмах, за рахунок зменшення величини магнітного потоку при насиченні.

Положення якоря в початковому і кінцевому положеннях фіксуються упорними гвинтами 3. У початковому положенні якір утримується за допомогою протидіючої спіральної пружини 4, один кінець якої зв'язаний з якорем, а другий - з покажчиком уставки 5. При повороті покажчика змінюється протидіючий момент пружини, а отже і струм спрацьовування реле. Величина струму спрацьовування, відповідна натягненню протидіючої

пружини, наноситься на шкалу 6. При повороті покажчика з початкового положення на 90^0 момент протидіючої пружини збільшується в 4 рази.

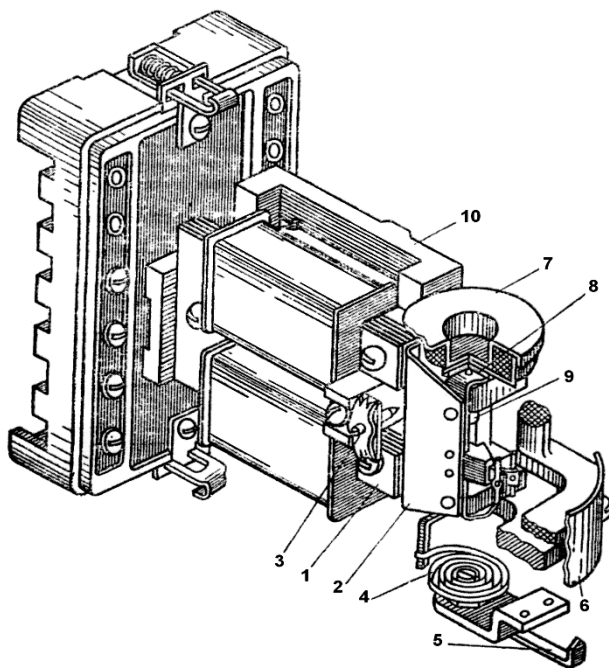


Рис. 1 – Кінематична схема реле з поворотним якорем типу РТ-40

До якоря прикріплені опорна скоба і пластмасова колодка з двома рухомими містковими контактами. До верхньої частини скоби прикріплений порожнистий барабанчик **7** з радіальними перегородками всередині. Порожнина барабанчика заповнена сухим піском. При прискоренні рухомій системі піщинки приходять в рух і частину енергії, що повідомляється якорю, витрачається на подолання сил тертя між піщинками, завдяки цьому знижується вплив змінної становлячої тягової сили електромагніту, що визначає вібрацію якоря. Крім того, зменшується ступінь вібрації контактів при їх зіткненні у момент замикання.

На осередді розташовано дві обмотки **8**, кінці яких виведені на затиски цоколя реле. Перестановкою перемичок на цих затисках можна здійснювати паралельне і послідовне з'єднання обмоток, змінюючи тим самим величини уставки струму спрацьовування в 2 рази. Цифри, нанесені на шкалі реле, відповідають послідовному з'єднанню обмоток.

Всі вузли змонтовані на основі 9 з алюмінієвого сплаву, укріпленому на пластмасовому цоколі реле, і закриті прозорим кожухом з полістиролу.

З теорії електромагнітних приладів відомо, що електромагнітна сила, що притягає сталевий якір до електромагніта, пропорційна квадрату магнітного потоку в повітряному зазорі:

$$F_{\text{з}} = K \cdot \Phi^2,$$

де K - коефіцієнт пропорційності, що враховує матеріал магнітопровода і площу його перерізу.

Магнітний потік і утворюючий його струм в обмотці реле I_p зв'язані співвідношенням

$$\Phi = \frac{I_p \cdot \omega_p}{P},$$

де P - магнітний опір шляху, по якому замикається потік Φ ;

ω_p - число витків в обмотці реле.

Оскільки реле типу РТ-40 має поворотний якір, то зручніше силу, діючу на диск, замінити на момент обертання.

Електромагнітний момент обертання $M_{\text{вр}}$ рівний добутку сили $F_{\text{з}}$ на плече її прикладання:

$$M_{\text{вр}} = F_{\text{з}} \cdot L_p$$

або після підстановки

$$M_{\text{вр}} = K \cdot \frac{\omega_p^2}{P^2} \cdot I_p^2 \cdot l_p.$$

Якщо з деяким допущенням прийняти, що поле в повітряному зазорі однорідне, то й магнітний опір реле буде прямо пропорційний довжині повітряного зазору. В цьому випадку вираз обертаючого моменту має наступний вигляд:

$$M_{\text{вр}} = K \cdot \frac{\omega^2}{\delta^2} \cdot I_p^2 \cdot L_p,$$

де δ - повітряний зазор між полюсами і рухомим якорем.

Таким чином, величина електромагнітного моменту залежить від кількості витків в обмотці, струму в ній і величини повітряного зазору (кута повороту якоря).

Слід враховувати, що при протіканні струму в обмотках реле обертанню якоря створюють протидію пружина, що утримує якір в початковому

положенні, і сила тертя в підшипниках. Отже для спрацьовування реле необхідне, щоб електромагнітний момент перевершував суму протидіючих моментів за рахунок сил, що розвиваються пружиною, і сил тертя на шляху руху якоря:

$$M_{ep} > M_{np} + M_{mp}.$$

Найменший струм, при якому виконується ця умова, називається струмом спрацьовування реле I_{cp} .

З останніх двох рівнянь видно, що струм спрацьовування реле можна змінити трьома способами: числом витків в обмотці, моментом протидіючої пружини, завдовжки повітряного зазору, а також зміною сил тертя. Найпростішими і зручними для практичного використання є два перші способи.

Для плавного регулювання струму спрацьовування звичайно використовують зміну моменту протидіючої пружини. При пересуванні повідця 5 управо натяг пружини збільшується, тому для повороту якоря потрібний більший електромагнітний момент, а, отже, і більший струм в обмотці реле.

Регулювання струму спрацьовування зміною числа витків здійснюється за рахунок послідовного або паралельного з'єднання напів обмоток. Це пояснюється тим, що необхідна для спрацьовування реле магніторушійна сила при послідовному з'єднанні буде створена при струму в обмотці у два рази меншому, ніж при паралельному з'єднанні.

Таким чином, використовуючи одночасно обидва способи, можна змінити уставку реле в чотири рази.

Повернення притягаючого якоря в початкове положення відбувається під дією протидіючої пружини. Для повернення необхідне таке зменшення струму в обмотці реле, щоб момент пружини став більше електромагнітного моменту і тертя на всьому шляху руху якоря в початкове положення,

$$M_{np} > M_{ep} + M_{mp},$$

звідки

$$M_{ep} < M_{np} + M_{mp}.$$

Момент тертя $M_{тр}$ перешкоджає поверненню якоря і направлена зараз протилежно $M_{ер}$.

Найбільше значення струму, при якому якір реле повертається в початкове положення, називається струмом повернення реле I_B .

Відношення струму повернення до струму спрацьовування одержало назву коефіцієнта повернення K_B :

$$K_B = \frac{I_B}{I_{сп}}$$

Очевидно, що в максимальних струмових реле струм повернення завжди менше струму спрацьовування і, отже, $K_B < 1$. У максимальних реле струму типу РТ-40 $K_B = 0,85 - 0,95$.

Для забезпечення чіткої роботи релейного захисту необхідно, щоб струм повернення реле менше відрізнявся від струму спрацювання, і щоб коефіцієнт повернення був близький до 1.

Тому важливо встановити, від яких параметрів і причин залежить величина коефіцієнта повернення. Розглянемо діаграму моментів, діючих на якір реле у функції від величини повітряного зазору (рис. 2).

При спрацюванні реле його якір переміщується і повітряний зазор δ зменшується від початкового значення δ_1 до δ_2 в кінці ходу якоря.

Протидіюча пружина при цьому розтягається і її момент $M_{пр}$ наростає за лінійним законом:

$$M_{пр} = M_{In} + K(\delta_1 - \delta_2),$$

де M_{In} - початковий протидіючий момент пружини.

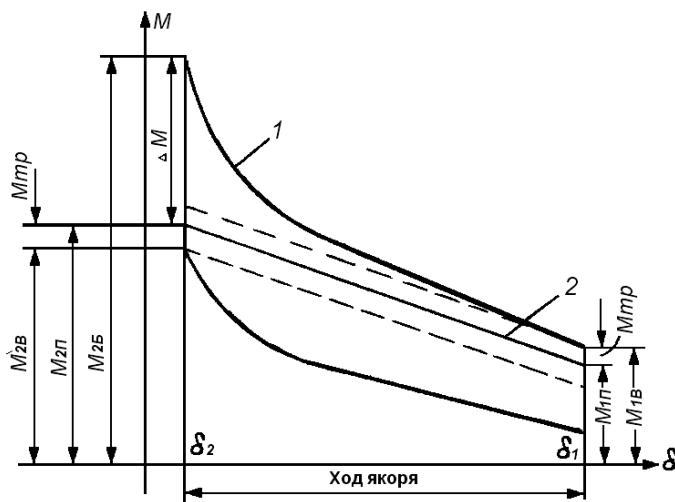


Рис. 2 - Діаграма моментів, діючих на якір реле у функції від величини повітряного зазору

Електромагнітний момент $M_{вр}$ також збільшується, але за кривою, що має більш складну залежність. Коли якір досягне кінцевого положення δ_2 , завдяки швидшому наростанню $M_{вр}$ в порівнянні з $M_{пр}$, утворюється надмірний момент $\Delta M = M_{2вр} - M_{2п}$. Для повернення якоря необхідно зменшити струм в обмотці реле до значення I_v , при якому момент $M_{вр}$ знизиться до $M_{2в}$. При цій умові момент пружини $M_{2п}$ долає електромагнітний момент $M_{2в}$ і момент за рахунок тертя $M_{тр}$ і якір повертається в початкове положення δ_1 .

З діаграми виливає, що чим більше надмірний момент M і момент за рахунок тертя $M_{тр}$ тим більша різниця між I_v і $I_{ср}$ тим менше K_ϵ .

Отже для поліпшення K_ϵ необхідно забезпечити найбільше зближення характеристик зміни моментів $M_{вр}$ і $M_{пр}$ (що знижує надмірний момент) і максимальне зниження тертя в осях рухомої системи реле.

Залишковий момент буде значно меншим, якщо реле працює при великому кінцевому повітряному зазорі: це досягається установкою спеціальних упорів або прокладок з немагнітного матеріалу.

Зниження надмірного моменту можна досягти вибором спеціальних профілів для полюсних наконечників електромагніта і для якоря, здатних забезпечити відносно невелике зменшення повітряного зазору при переміщенні якоря.

Для зниження тертя частини, що обертаються, розташовують у твердих опорах (сапфір, корунд), при цьому осі мають бути правильно загострені й добре відполіровані. При конструюванні вимірювальних реле РТ-40 враховані саме ці чинники, завдяки чому у реле максимального струму коефіцієнт поверненні $I_v=0,85\div0,9$.

2.2. Технічні характеристики реле типу РТ-40 [18]

Реле серії РТ-40 призначені для кіл релейного захисту і автоматики змінного струму з частотою 50-60 Гц. Межі уставок спрацьовування представлені в таблиці 1.

Похибка реле складає $\pm 5\%$ при температурі повітря $+20^{\circ}\text{C}$.

Коефіцієнт повернення K_v реле має 0,85 на першій уставці і не менше 0,8 на інших. Додаткове регулювання забезпечує K_v не менше 0,85 на будь-який уставці шкали, при цьому K_v на інших уставках не менше 0,8.

Для реле з мінімальною уставкою більше 20А K_v складає не менше 0,7 на будь-який уставці.

Струм спрацювання на кожній уставці при зміні частоти від 45 Гц до 60Гц змінюється не більше ніж на 5% номінальна величина, зміряних при частоті 50 Гц.

Власний час спрацювання реле - не більше 0,1с при струмі $1,2 I_{уст}$ та 0,03с при струмі $3 I_{уст}$.

Контактна система реле складається з одного нормально-замкнутого і одного нормально-розімкненого контактів.

Розривна потужність контактів при напрузі 220В і струмі до 2А потужності 60Вт в колі постійного струму з індуктивним навантаженням і 300Вт в колі змінного струму. Тривало-дозвільний струм 2А.

Реле розраховано до роботи при температурі навколишнього середовища від -20°C до $+40^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 1 Межі уставок спрацювання реле

Тип реле	З'єднання котушок				Спожита потужність при струмі мін. уставки, Вт
	послідовне		паралельне		
	Границя установок, А	I _н , А	Границя установок, А	I _н , А	
РТ-40/0,2	0,05-0,1	0,5	0,1-0,2	1,0	0,2
РТ-40/0,1	0,15-0,3	1,6	0,3-0,6	3,2	0,2
РТ-40/2	0,5-1,0	3,8	1,0-2,0	7,6	0,2
РТ-40/6	1,5-3,0	10,0	3,0-6,0	20,0	0,5
РТ-40/10	2,5-5,0	16,0	5,0-10,0	32,0	0,5
РТ-40/20	5,0-10,0	18,0	10,0-20,0	36,0	0,5
РТ-40/50	12,5-25,0	25,0	25,0-50,0	50,0	0,8

2.3. Зміст і методика контролю технічних характеристик вимірювальних реле струму типу РТ-40

Як при новому включенні, так і при планових перевірках контроль технічного стану реле здійснюється в наступному обсязі:

- зовнішній огляд;
- перевірка і регулювання механічної частини і контактів реле;
- перевірка стану ізоляції;
- перевірка і регулювання електричних характеристик реле.

2.3.1. Зовнішній огляд реле проводять перед його розкриванням. При цьому звертають увагу на наявність пломби, цілість скла і кожуха, наявність, положення і надійність гвинтів, контактних шпильок виводів і т.д.

2.3.2, Огляд, перевірку і регулювання механічної частини і контактів реле проводять в наступному порядку:

а) зняти кожух і переконатися у відсутності пилу і бруду всередині реле, Перевірити надійність кріплення регулювальних гвинтів, густину шихтовки магнітопровода, відсутність пошкоджень ізоляції котушок і сполучних проводів а також положенню контактних з'єднань. Помічені несправності усунути;

б) перевірити наявність поздовжнього і поперечного люфту, який повинен бути не менше 0,2 мм. Перевірку проводять на ошук. Перевірити ідентичність загибів пелюсток і наявність зазору між ними й полюсами;

в) перевірити надійність кріплення покажчика шкали, який повинен ходити по шкалі з деяким тертям і не зсовуватися мимовільно, Усунути помічені недоліки;

г) перевірити стан протидіючий пружини. Пружина повинна мати правильну спіральну форму. Площина спіралі повинна бути строго перпендикулярна до осі реле. Витки пружини не повинні мати слідів корозії і зберігати рівномірний зазор при обертах в робочих межах;

д) оглянути й відрегулювати робочі контакти. Брудні, закопчені та підгорілі контакти необхідно зачистити і відполірувати. При перевірці роботи контактів слід враховувати, що хід контакту не повинен бути дуже великим, оскільки це може викликати їх відключення і затягнути час спрацьовувань реле.

Мінімальний зазор між рухомими і нерухомими контактами по прямій повинен бути не менше 1,5 мм щоб уникнути перекриття пружин нерухомих

контактів через вібруючий під струмом місток. Необхідно також перевірити і кут зустрічі контактів β , утворюваний дотичною до дуги, описуваної контактним містком при повороті якоря в точці дотику, й площиною нерухомих контактів. Цей кут повинен складати 25° - 30° (рис. 3). При зменшенні кута β зростає сумісний хід контактів і їх притирання, а також зменшується електричний момент, необхідний для замикання контактів.

Проте слід враховувати, що при поверненні якоря зменшується швидкість розбіжності контактів, за рахунок чого розмикання контактів відбувається з великим іскрінням.

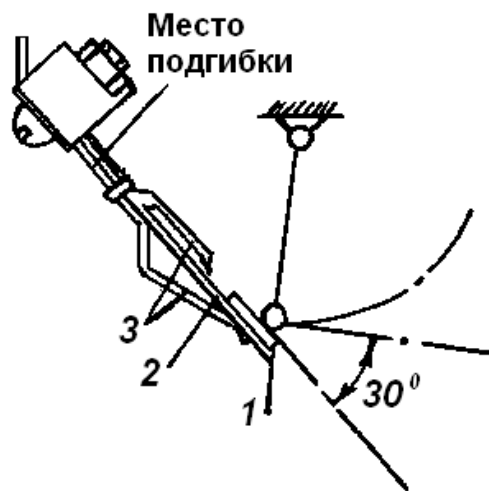


Рис. 3 - Схема перевірки кута зустрічі контактів β

Сумісний хід контакту повинен складати не менше (1-1,5) мм. Для уникнення заскакування контактів зустріч містка з контактом повинна відбуватися на відстані $1/3$ довжини від переднього і заднього краю контакту. Чим більше сумісний хід і менше кут зустрічі, тим більше притирання контактів, тим чіткіше їх робота при малих кратностях моменту та рідше й менше похибка при великих кратностях. Але, повернення реле, особливо при великій індуктивності навантаження, значно сповільнюється і контакти швидко зношуються від іскріння.

Нерухомі контакти повинні знаходитися в одній площині, мати однаковий вигин і замикатися контактним гностиком одночасно. При огляді контактного містка слід мати на увазі, що він повинен мати зазори в поздовжньому і поперечному напрямках, що дозволяють йому повертатися навколо своєї осі на 10° - 15° і уздовж осі на (0,2 -0,3) мм. При замиканні реле упори на траверсі містка не повинні торкатися його тильної сторони. Надмірно великі поздовжні й поперечні зазори містка рухомого контакту приводять до

вібрації містка при спрацьовуванні, викликаючи іскріння контактів. Відсутність вільного ходу містка може привести до відмови реле, тобто при різній пружності нерухомих контактів якір може зупинитися, замкнувши тільки один контакт.

Для створення нормально-закритого контакту необхідно, щоб у разі відсутності струму в обмотці рухома система реле власною вагою створювала невелике прогинання нижніх контактних пружин. Між якорем і гвинтами упору повинен бути зазор не менше 0,5 мм. При повороту якоря від руки нерухомі контакти, розгинаючись, повинні якийсь час рухатися за рухливим містком, не розриваючи кола. Зазор між містком та верхнім і нижнім нерухомими контактами повинен бути однаковим, щоб забезпечити відстань між контактами близько 2 мм як до спрацьовування, так і після спрацьовування реле. Особливу увагу слід звернути на те, щоб контактний місток не міг одночасно торкатися верхнього і нижнього контактів. При знаходженні містка у верхньому або нижньому замкнутому положенні відстань між контактним містком і протилежними контактами повинна бути не менше 2 мм.

Перевірка стану ізоляції всіх кіл реле проводиться щодо корпусу й між окремими колами відповідно до загальної інструкції з випробування ізоляції кіл вторинної комутації.

Перевірку і регулювання електричних характеристик реле проводять в наступному обсязі:

- визначення струму спрацьовування і повернення;
- визначення коефіцієнта повернення;
- випробування на вибраній уставці;
- вимірювання потужності, споживаної реле;
- перевірка надійності роботи контактів.

1) Розмір струму спрацьовування і повернення визначається на всьому діапазоні шкали реле відповідно до схеми на рис. 4.

Струм спрацьовування і повернення визначають не менше трьох разів на кожній уставці шкали. При цьому перевіряють розкид параметрів. Розкид одержаних величин не повинен перевищувати 5% середнього значення. Слід також враховувати, що обрана уставка не повинна знаходитися в першій третині шкали.

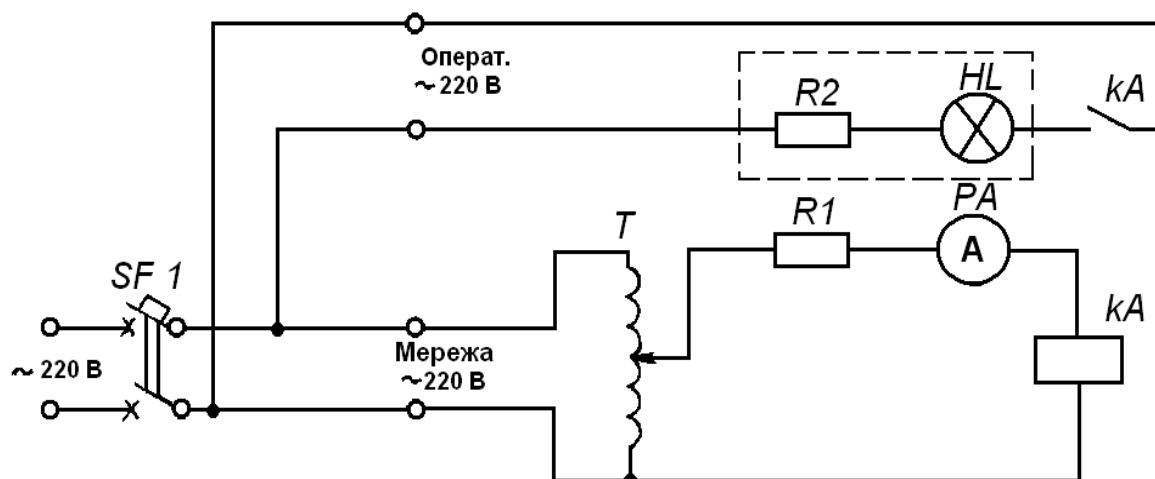


Рис. 4 - Електрична схема визначення струму спрацьовування і повернення контактів реле

У тих випадках, коли розкид струму спрацьовування перевищує 5%, необхідно проконтролювати поведінку контактної містки якоря. У справному стані реле при повороті показника приблизно на (25-30) % ліворуч від першої точки шкали пружина реле повинна повністю розкрутитися. При цьому достатньо повернути показник на 1^0-2^0 , щоб місток вільно змінив своє положення, замикаючи або розмикаючи контакти.

Млявий або, навпаки, різкий перехід контактної містки з одного положення в інше вказує на наявність затирання рухомої системи. Найбільш ймовірною причиною млявої роботи є забруднення або дефект підшипників і кінців осей. Отже перед регулюванням необхідно обстежувати положення під'ятників за допомогою лупи. У разі виявлення вибоїн, ексцентриситету або виробітки кратера під'ятник слід замінити на новий.

Через лупу оглядають також кінці осі реле, звертаючи при цьому увагу на стан вершин конуса заточки осі і на відсутність вибоїн, подряпин та іржі на її кінцях. Ось повинна бути загострена на обох кінцях на конус, кінці повинні мати блискучу поліровану поверхню. Загострення не повинне бути дуже гострим. Кут конуса осі повинен бути гостріше за кратер під'ятників, щоб ось оперлася на під'ятник в одній точці, а не по всій окружності. Знайдені дефекти слід усунути. Після збирання реле слід перевірити величини струму спрацьовування і повернення на усій діпазоні шкали реле;

2) Коефіцієнт повернення визначають за даними вимірювання струму спрацьовування і повернення за формулою

$$K_B = \frac{I_B}{I_{cp}}$$

Коефіцієнт повернення повинен бути не менше 0,85 для максимальних реле і не вище 1,2 для мінімальних реле. Якщо коефіцієнт повернення виявився нижче допустимого, то необхідно ввести якір глибше під полюса, для чого у втягнутому положенні якоря слід подати вперед правий напрямний гвинт. Підвисити коефіцієнт повернення можна також збільшенням повітряного зазору між пелюстками якоря і полюсами магнітопровода акуратним підгибом пелюсток всередину. Після проведення такої роботи слід знову перевірити й відрегулювати струм спрацьовування, оскільки при збільшенні повітряного зазору струм спрацьовування реле зростає.

3) Випробування роботи реле на вибраній уставці проводять за схемою рис. 4 триразовим вимірюванням струму уставки. При помічених недоліках необхідно провести додаткове регулювання.

4) Визначення потужності, споживаної обмоткою реле, виконують за схемою рис. 5.

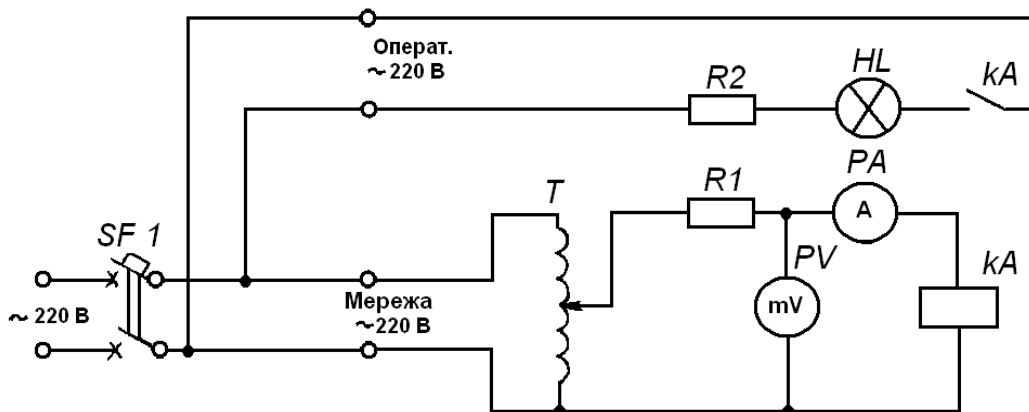


Рис. 5 - Електрична схема визначення потужності, споживаної обмоткою реле

5) Перевірку роботи контактів реле проводять за схемою рис. 6 При перевірці струм в обмотці реле плавно, але швидко підвищують від величини, рівною 1,05 струму спрацьовування, до найбільшого можливого значення вторинного струму короткого замикання. Лампа при всіх значеннях струму повинна горіти рівним світлом, без мигань і згасань Вібрація або іскріння контактів при цьому повинні бути відсутні.

Для усунення іскріння при малих кратностях струму слід зменшити жорсткість контактних пружин (вальцюванням) або зменшити в допустимих межах кут зустрічі контактів

При великих кратностях струму вібрація і іскріння усувають зміною в невеликих межах кінцевого положення якоря під полюсами, для чого якір вводять глибше під полюса і збільшують жорсткість контактних пружин.

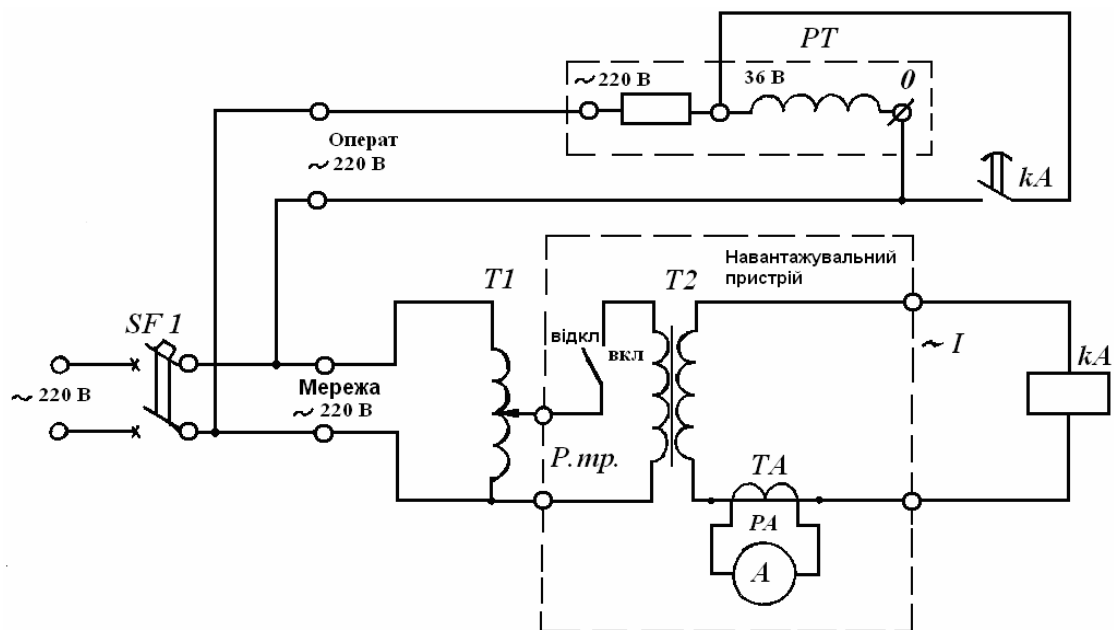


Рис. 6 - Електрична схема перевірки роботи контактів реле

3. Програма роботи

3.1. Вивчити принцип дії, конструкцію і технічні характеристики реле типу РТ-40, зафіксувати його паспортні дані.

3.2. Провести зовнішній огляд реле.

3.3. Перевірити й відрегулювати механічну частину і контакти реле.

3.4. Підібрати апаратуру і зібрати випробну схему для перевірки електричних характеристик реле (рис. 4):

- встановити значення струму спрацьовування і повернення не всьому діапазоні шкали реле (перевірити шкалу уставок). При необхідності провести регулювання;
- за даними попереднього пункту визначити величини коефіцієнта повернення величину розкиду і похибки реле;
- зібрати схему (рис. 5) і визначити споживану потужність і опір обмотки реле при мінімальній уставці;

- випробувати реле на заданій уставці.
- 3.5. Зібрати схему (рис. 6) і перевірити надійність роботи контактів реле.
- 3.6. Скласти протокол перевірки технічних характеристик реле РТ-40.
- 3.7. Оформити звіт по лабораторній роботі.

4. Опис лабораторної установки

В якості лабораторної установки використовується штатний пристрій релейного захисту і керування масляним вимикачем, змонтований в релейному відсіку високовольтної шафи комплектного розподільного пристрою типу КМ.

На рис. 7 поданий загальний вид поворотної панелі шафи з розміщенням на ній основних реле захисту і клемних колодок з виводами обмоток і контактів випробовуваних реле.

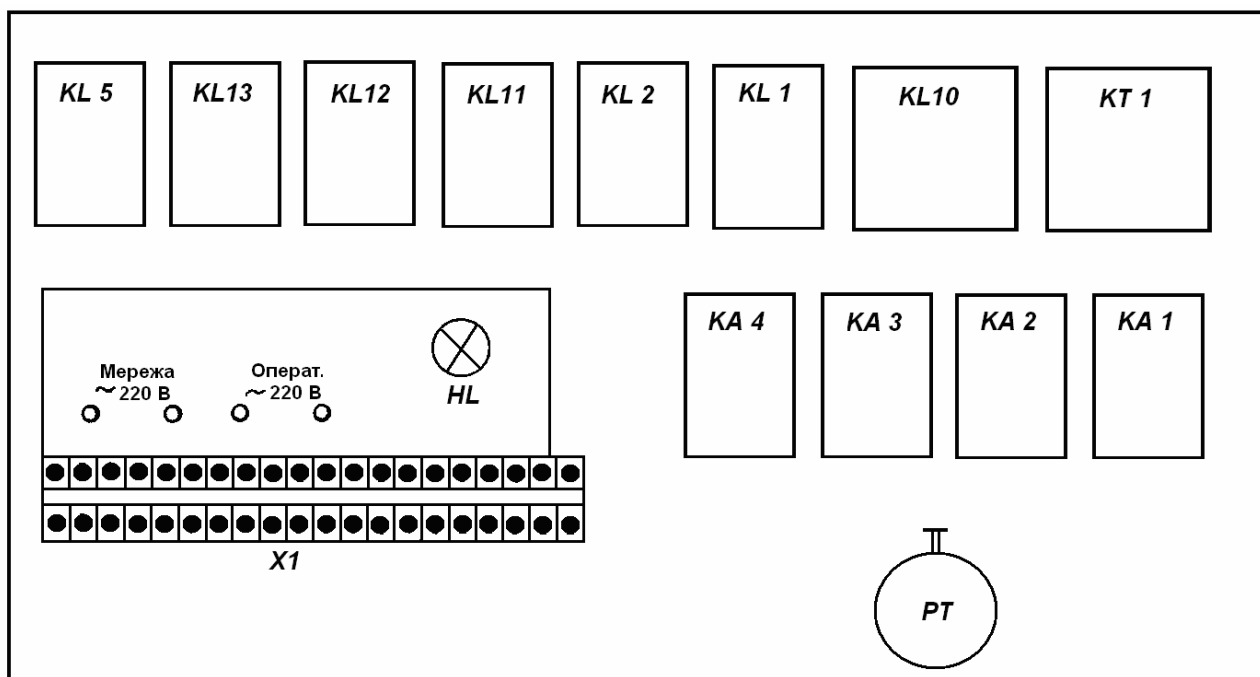


Рис. 7 - Загальний вигляд поворотної панелі шафи з розміщенням на ній основних реле захисту і клемних колодок

Робочі випробувальні схеми які передбачені програмою роботи, студенти збирають самостійно на лабораторному столі. З'єднання схеми з випробовуваними елементами пристрою захисту проводиться гнучкими дротами із спеціальними наконечниками. При цьому керуються схемою випробовуваного реле (рис. 8), на якій в кружечках вказані номери виведень реле, а поряд - номери дротів, промаркірованих відповідно до монтажною схемою

пристрою релейного захисту. Другий кінець цих дротів з аналогічною манкіровою приєднаний до клемної колодки (X1 панелі рис. 7).

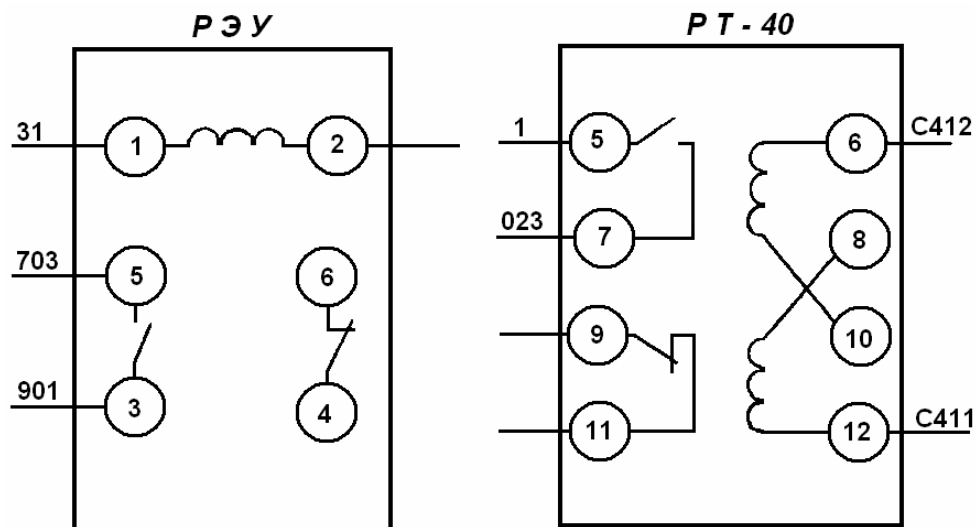


Рис. 8 - Схема випробуваного реле

При необхідності зміни схеми реле (послідовне або паралельне з'єднання обмоток) на шпильках виводів влаштовують перемички відповідно до схеми, вказаної на шкалі реле.

Виходячи з особливостей використання релейної шафи в якості лабораторної установки на поворотній панелі релейної шафи додатково укріплена плата з клемми джерела оперативної напруги «Операт. 220В і клемми підключення живлення до випробувальних схем «220В мережа»). Подача напруги до клем здійснюється за допомогою автоматичного вимикача SFI, встановленого на задній панелі релейної шафи. Крім того на поворотній панелі додатково встановлений секундомір РТ і сигнальна лампа НЛ виводи яких приєднані відповідно до клем «1», «2»,..., «220», «36», «0» клемної колодки ХІ.

5. Вказівки до виконання роботи

5.1. Перед початком роботи необхідно:

1) Вивчити принцип дії і будову реле типу РТ-40, а також зміст і технологію перевірки його технічних характеристик.

2) Ознайомитись з конструкцією контрольно-вимірювальної і випробувальної апаратури, що використовується при перевірках вимірювальних реле типу РТ-40.

3) підготувати звіт по лабораторній роботі, в якому повинна бути відображена ціль і програма роботи, робочі схеми контролю і випробування, також схеми і технічні характеристики апаратури, що використовується при перевірках.

Робочі схеми складаються на основі типових схем випробування, приведених в цій роботі, з урахуванням принципів і монтажних схем лабораторної установки.

5.2. Виконання роботи виконується у послідовності, передбаченої програмою перевірки (розділ 3) методика виконання деяких операцій наведена у пунктах 3.1; 3.2; 3.3; 3.4.

5.3. По закінченню роботи оформлюється формальний протокол випробувань реле типу РТ-40.

Контрольні питання

1. Типи електромагнітних реле за конструкцією.
2. Основні конструктивні елементи реле РТ-40.
3. Призначення двох обмоток реле.
4. Способи регулювання струму спрацьовування реле.
5. Порядок перевірки струму спрацьовування реле.
6. Для чого і як перевіряють положення контактів?
7. Принцип дії реле РТ-40.
8. Які максимальні струмові захисти застосовують на ТП.
9. Назвати джерела оперативного струму.
10. Чому реле РТ-40 називають реле побічної дії?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Дослідження способів регулювання швидкодіючих автоматичних вимикачів ВАТ-43 та ВАБ-43

1. Мета і зміст роботи

У результаті підготовки й виконання лабораторної роботи студенти повинні:

- знати призначення, технічні характеристики, будову, принцип дії швидкодіючих автоматичних вимикачів типу ВАТ-43 і ВАБ-43 і принцип керування ними (ВАТ-43 - лінійний вимикач, захист від струмів к. з.; ВАБ-43 – катодний вимикач для захисту перетворювачів від струмів зворотного напрямку);
- уміти робити налаштування лінійного швидкодіючого автоматичного вимикача на задану установку струму спрацьовування.

При підготовці до виконання лабораторної роботи необхідно усвідомити призначення швидкодіючих автоматичних вимикачів, область їхнього застосування в системах електропостачання МЕТ; вивчити будову і принцип дії вимикачів типу ВАБ-43, а також принципову електричну схему керування ними.

Практична робота полягає в освоєнні способу налаштування вимикача ВАТ-43 на потрібний струм спрацьовування за величиною струму в котушці, що відключає, зняті й графічній побудові залежності струму спрацьовування вимикача від величини зазору в його магнітній системі.

2. Загальні відомості про швидкодіючих автоматичних вимикачах. Побудова і робота вимикачів ВАБ-43 [2,18]

Автоматичні швидкодіючі вимикачі постійного струму призначені для захисту напівпровідникових перетворювачів, електричних машин і ліній постійного струму при коротких замиканнях, перевантаженнях і зворотних

струмах у промислових установках і установках магістрального, промислового і міського електрифікованого транспорту.

Залежно від призначення вимикачі виготовляють у наступних виконаннях: максимального струму (лінійні); зворотного струму (катодні); анодні; універсальні.

До лінійних відносяться вимикачі, що реагують на зростання струму і здійснюють захист при коротких замиканнях і перевантаженнях, до катодних - вимикачі, що реагують на струми зворотного напрямку. Обидва різновиди є поляризованими вимикачами, тобто реагуючими на струми одного напрямку.

У системах електропостачання ГЕТ застосовують лінійні й катодні вимикачі, які розміщують на тягових підстанціях. Через лінійні вимикачі забезпечують підключення позитивних живильних ліній до тягової підстанції, тобто підключення ділянок тягової мережі. Поряд з комутацією, за допомогою лінійних вимикачів здійснюється захист ділянок при коротких замиканнях і перевантаженнях.

Катодні вимикачі, що підключаються на стороні випрямленої напруги перетворювальних агрегатів, забезпечують їхній захист від зворотних струмів. Вони виникають на багатоагрегатних підстанціях при пробі діодів одного плеча схеми випрямлення одного з перетворювальних агрегатів. Джерелом зворотних струмів, що надходять у пошкоджений агрегат через катодний вимикач, є перетворювальні агрегати, що працюють паралельно з пошкодженим.

Основними параметрами швидкодіючих вимикачів є:

- номінальний струм головного кола;
- номінальне робоче і найбільша номінальна напруга;
- номінальна напруга ланцюгів керування: постійного струму – 110 (220) В; змінного струму частотою 50 ГЦ- 220 В.

Об'єктом вивчення є два вимикачі:

- ВАТ-43-2000/10-Л (В - вимикач; А - автоматичний; Т- струмообмежуючий з нормованим коефіцієнтом струмообмеження; 43 - порядковий номер

конструкції; 2000- номінальний струм головного кола, А; 10- номінальна робоча напруга, рівне 1050 В; Л- лінійний, тобто максимального струму). Під коефіцієнтом струмообмеження розуміють відношення максимального аварійного струму в колі при роботі вимикача до максимального значення аварійного струму, що було б у колі при відсутності в ній швидкодіючого вимикача;

- ВАБ-43- 4000/10- К (Б- швидкодіючий без нормованого коефіцієнта струмообмеження, на струм 4000 А; К- катодний, тобто зворотного струму).

Зазначимо, що лінійний вимикач також може бути без нормованого коефіцієнта струмообмеження, тобто мати позначення ВАБ.

2.2. Побудова і принцип роботи лінійного вимикача ВАТ-43

2.2.1. Побудова вимикача

Побудова вимикача схематично зображена на рис. 1. Магнітна система вимикача складається з постійного магніту 4, нижньої 3 і верхньої 6 частин, П-подібного магнітопроводу 1, якоря 2 і магнітного шунта 27. Постійний магніт забезпечує утримання вимикача у включеному положенні, що виключає можливість самовідключення його при короткочасному зникненні чи неприпустимому зниженні напруги джерела живлення власних нестатків тягової підстанції. На постійний магніт насаджена котушка підмагнічування 5, що забезпечує при необхідності відновлення його магнітних властивостей (у робочому стані вимикача виводи котушки повинні бути замкнуті між собою). На лівому стержні магнітопроводу 1 розміщена що відключає (вона ж включає) котушка 26, що забезпечує оперативні керування вимикачем. Магнітний шунт має можливість переміщувати вгору і вниз, змінюючи при цьому величину зазору (зазор виконаний немагнітною вставкою, привареною до верхньої і нижньої плит) і забезпечуючи цим плавне регулювання уставки струму спрацьовування вимикача.

Контактна система вимикача має головний нерухомий контакт 18, жорстко з'єднаний зі струмоведучою шиною 17 головного ланцюга, і головний рухомий 19, зв'язаний тягою 20 з якорем 2. Якір через тягу зв'язаний з пружиною, що відключає, 7. Нерухомий контакт служить також катушкою магнітного дуття. До нього кріпиться дугогасильний ріг 22. До спеціальної скоби 28 кріпиться другий ріг і обмежувальний упор 29 рухомого контакту.

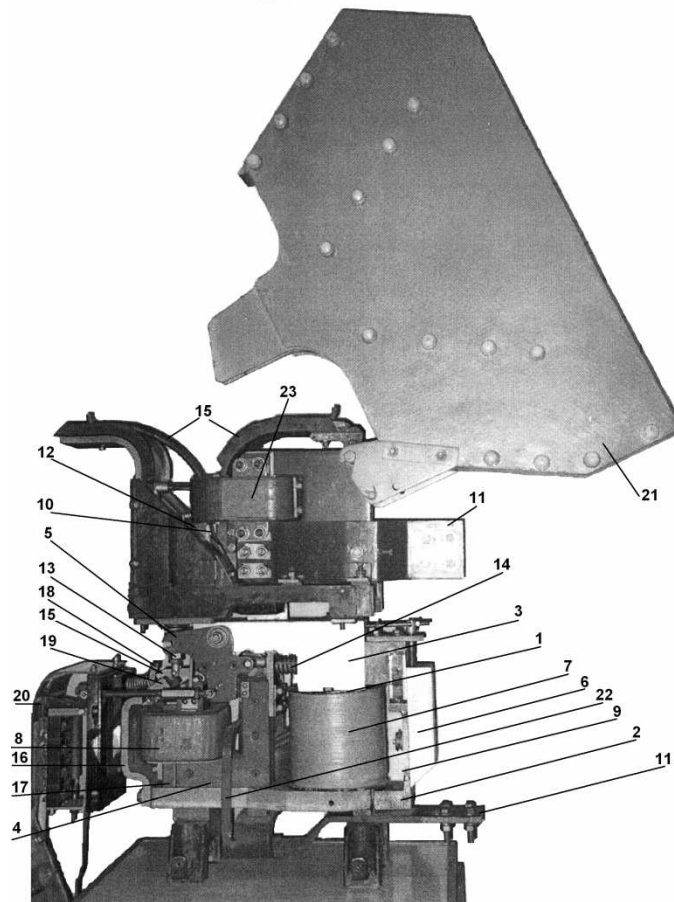


Рис. 1 - Конструкція лінійного вимикача БАТ-43

Головний рухомий контакт 19 зв'язаний з якорем 2 тягою 20, що проходить через отвір в якорі, і упором 25. Тяга 20 посиляє пружину 23 і зв'язана з важелем 12. Головні контакти мають срібні накладки. З головним рухомих контактом віссю зв'язаний рухомий дугогасильний контакт 21 із пружиною 24, що забезпечує необхідне натискання його до правого рога 22 при включеному вимикачі.

На магнітопроводі 1 укріплений механізм вільного розчіплювання. Він складається зі скоби 9, виконаної з магнітного матеріалу, осердя 10, засувки 11

з пружиною, важеля 12 і якоря вільного розчіплювання 13. До скоби кріпиться блок допоміжних контактів 14 вимикача, зв'язаний з якорем 2 через важіль 15 і тягу 16.

Дугогасна камера (на рис. 1 не показана) - поздовжньо-щілинного типу, виконана у вигляді коробки зі стінками з азбоцементу.

Не показаний також індуктивний шунт, що забезпечує одержання потрібного діапазону уставок струму спрацьовування.

2.2.2. Робота вимикача

Робота вимикача заснована на взаємодії магнітних потоків, створюваних постійним магнітом і електромагнітом.

Відключене положення вимикача показано на рис. 2, а. Якір 5 електромагніта притягує до лівого стрижня. Магнітний потік Φ , створюваний постійним магнітом 1, розділяється на дві частини: $\Phi_{ш}$, що відгалужується на магнітний шунт 6, і $\Phi_{я}$, що відгалужується на П-подібну магнітну систему 4 електромагніта.

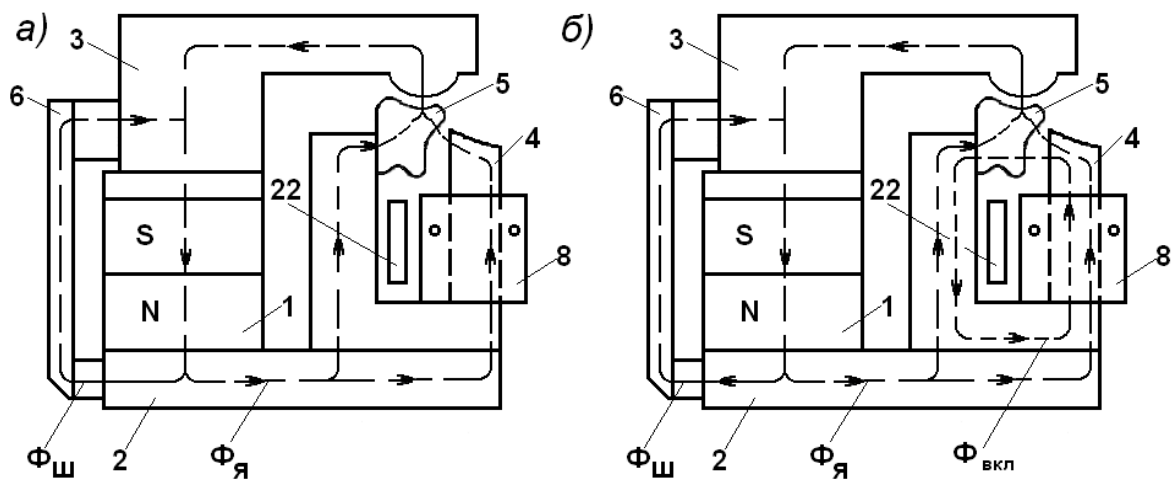


Рис. 2 - Магнітна система: а - виключене положення, б - включене положення вимикача

Для включення вимикача необхідно створити магнітний потік $\Phi_{вкл}$, більший по величиною потоку $\Phi_{я}$ і протилежний йому за напрямом (рис. 2, б). При цьому треба дотримати наступну вимогу: операція включення повинна завершуватися при готовності вимикача до роботи на відключення, оскільки

включення може відбутися на коротке замикання в приєднанні. Створення магнітного потоку $\Phi_{\text{вкл}}$ забезпечується подачею напруги відповідної полярності на котушку керування 8. Під дією цього потоку лівий стрижень розмагнітиться, якір 5 притягнеться до правого стрижня, якір 19 притягнеться до стрижня 17 (рис. 1). При повороті якоря 5 стискається відключаюча пружина 14 і переміщується вгору тяга 13, управляюча роботою рухомої контакт-деталі головного контакту. При переміщенні тяги пов'язаний з нею важіль 15 упреться в зуб клямки 18, і тяга зупиниться, тобто замикання головного контакту ще не відбудеться. Другий етап операції включення почнеться, коли одним з допоміжних контактів 20 розімкнеться ланцюг котушки керування. Потік $\Phi_{\text{вкл}}$ зникне, якір 15, під дією пружини, повертаючись в початкове положення, ударить по клямці і розверне її. Тяга, що звільнилася, 13 під дією своєї пружини продовжить рух вгору і забезпечить замикання дугогасильного і головного контактів. Якір 5 утримуватиметься біля правого стрижня П-подібної магнітної системи (тобто і вимикач у включеному положенні) складової магнітного потоку $\Phi_{\text{я}}$, що проходить через якір і правий стрижень (рис. 3).

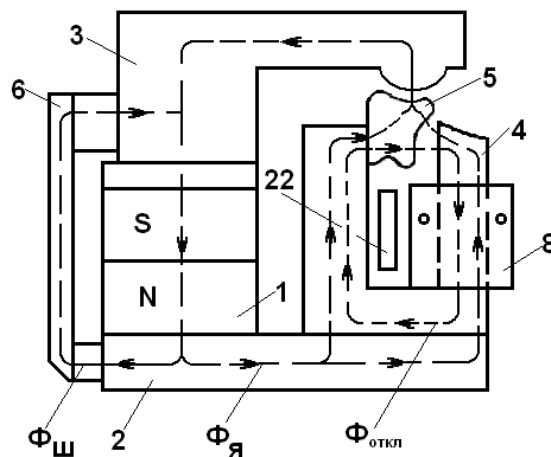


Рис. 3 - Магнітний потік при відключенні вимикача

Для відключення вимикача треба створити відключаючий магнітний потік $\Phi_{\text{откл}}$ (рис. 3), протилежно по напрямку утримуючого потоку і перевершуючий його за величиною. При оперативному відключенні потік $\Phi_{\text{откл}}$ створюється котушкою керування 8 подачею на неї напруги зворотної у порівнянні з операцією включення полярності, при аварійному струмі

короткого замикання в головному ланцюзі, тобто у витку 22. В обох випадках потік $\Phi_{\text{я}}$ витісняється потоком $\Phi_{\text{откл}}$ із зони зіткнення якоря 5 з правим стрижнем в лівий стрижень, де потоки підсумовуються. За рахунок великого електромагнітного зусилля, що розвивається якорем, і під дією відключаючої пружини він швидко перетягується до правого стрижня. Цим явищем досягається швидкодія вимикача.

При відключенні вимикача спочатку розмикається головний, потім дугогасильний контакт і виникає електрична дуга. Під дією магнітного поля, створюваного котушкою магнітного дуття 23 (рис. 1), дуга по дугогасильним рогах 15 переміщується з великою швидкістю в дугогасильній камері і розтягується. У вузькому щілистому каналі камери дуга сплющується і придбаває перетин прямокутної форми, що приводить до збільшення площі поверхні дуги і поліпшення умов її охолодження за рахунок хорошого теплового контакту стовпа дуги з асбоцементними стінками камери. Отже, визначаючими фактора 4 гасіння електричної дуги є її розтягування і інтенсивне охолодження за рахунок переміщення з великою швидкістю щодо стінок камери.

Настройка вимикача на необхідний струм спрацьовування досягається переміщенням магнітного шунта щодо немагнітної вставки, тобто зміною зазору в магнітній системі постійного магніту. При цьому змінюватимуться складові $\Phi_{\text{ш}}$ і $\Phi_{\text{я}}$ незмінного магнітного потоку Φ (рис. 3). Очевидно, що для відключення вимикача потрібно більший або менший потік $\Phi_{\text{откл}}$, то її ю більший або менший струм короткого замикання. З цього виходить, що в умовах експлуатації вимикач можна відрегулювати на потрібний струм спрацьовування і змінювати уставку струму спрацьовування в межах певного діапазону, що задається індуктивним шунтом (на рисунку 1 не видний).

2.3. Будова і принцип роботи катодного вимикача ВАБ-43

Конструкція катодного вимикача (рис. 4) принципових відмінностей від конструкції лінійного вимикача не має. Винятком є відсутність магнітного й індуктивного шунтів.

Катодний вимикач поляризується на зворотний струм, що протікає через вимикач до пошкодженого преосвітнього агрегата. У цьому випадку цим струмом у витку 5 (рис. 5, а) створюється магнітний потік Φ_2 , що замикається по П-подібному осердю 4, якорю 3 і повітряному зазору між якорем і лівим

стрижнем. У правому стрижні потік Φ_2 спрямований зустрічно потоку постійного магніту Φ_1 . У результаті сила, що утримує якір у правого осердя зменшується. Утримуючий потік Φ_1 витісняється в лівий стрижень. У результаті цей потік Φ_1 , раніше утримуючий якір у правого стрижня (вимикач включений), переводить якір до лівого стрижня (вимикач відключений), як показано на рис. 5,б. За рахунок витіснення потоку Φ_1 забезпечується швидкодія вимикача.

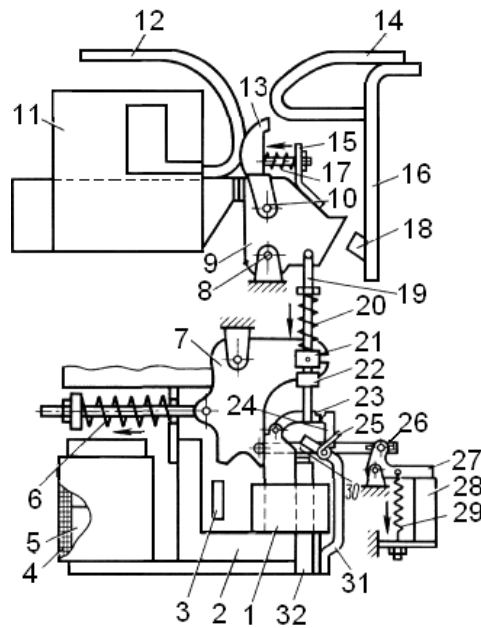


Рис. 3 - Катодний вимикач ВАБ-43

Очевидно, що робочий струм прямого напрямку (від справного агрегата до навантаження) створює магнітний потік, зворотний за напрямом потоку Φ_2 і співпадаючий у правому стрижні з напрямком потоку Φ_1 . Отже чим більше прямий струм, тим більше сила, що утримує якір у правого стрижня.

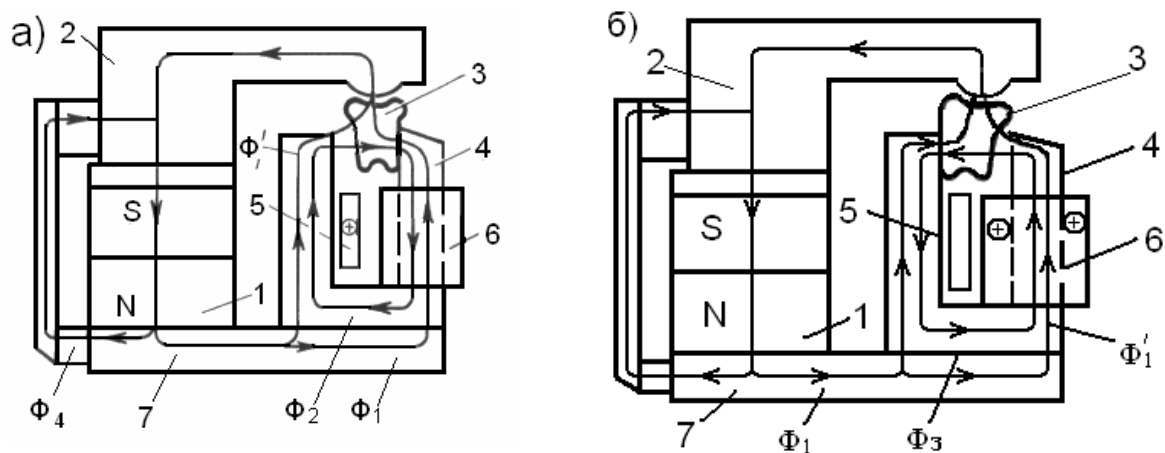
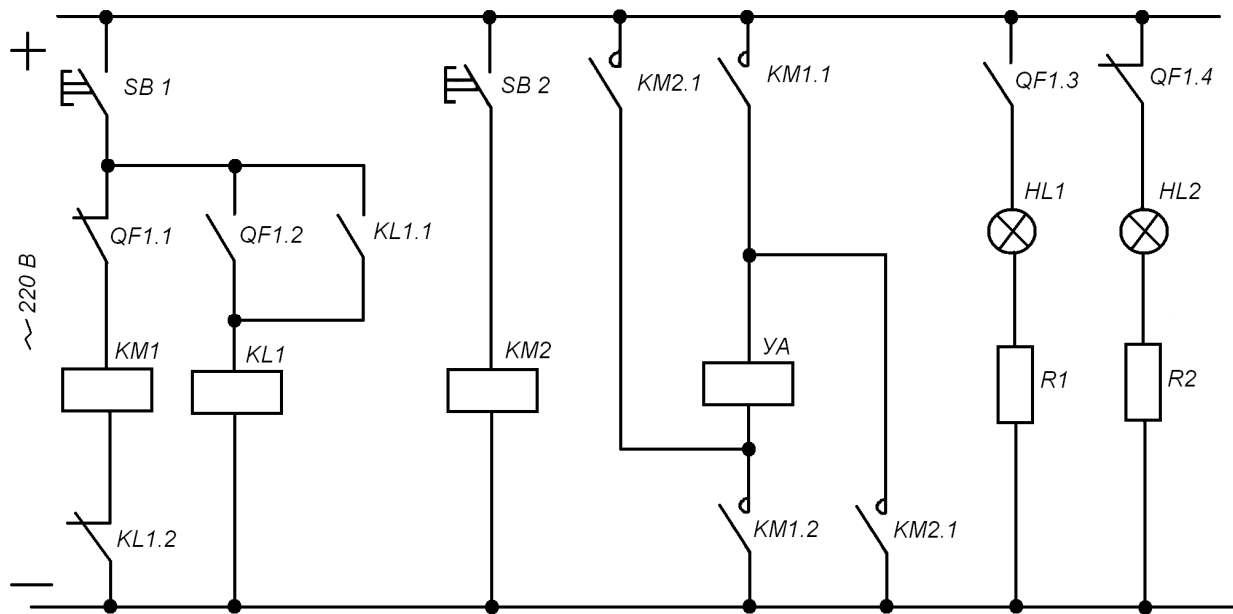


Рис. 5 - Магнітний потік при: а - включеному положенні, б - виключеному положенні вимикача

2.4. Принципова електрична схема керування швидкодіючим вимикачем



Контактор включення	Реле блокування	Контактор відключення	Катушка керування	Включен	Відключене
				Сигналізація положення відключення	

Рис. 7 Принципова електрична схема керування швидкодіючим вимикачем

На схемі керування (рисунок 7) умовно зображені:

- KM1, KM2 – контактори включення і відключення;
- SB1, SB2 – кнопкові перемикачі;
- YA – катушка керування (вмикаюча та вимикаюча) вимикачем;
- H1, H2 – сигнальні лампи;
- R1, R2 – додаткові резистори;
- QF1.1 – QF1.4 – допоміжні контакти швидкодіючого вимикача.

Вихідне положення. Швидкодіючий вимикач QF1 відключений, його допоміжні контакти QF1.1 і QF1.4 замкнуті. Катушки контакторів KM1, KM2 і реле KL1 знеструмлені й положення їхніх контактів відповідає зображеному на схемі. Готовий до роботи ланцюг контактора включення KM1. Зелена лампа HL2 горить.

Включення вимикача. Виконують натисканням кнопки SB1. При цьому спрацює контактор включення KM1 і своїми контактами KM1.1 і KM1.2 замкне ланцюг котушки керування УА. Відбувається перший етап включення, що закінчується притяганням якоря 2 (рис. 1) до лівого осердя і зближенням контактів 18 і 19. Розмикаються допоміжні контакти QF1.1 і QF1.4 (на рис.1 поз.14). Контакт QF1.1 розмикається ланцюг котушки контактора KM1, контактами якого KM1.1 і KM1.2 знімається живлення з керуючої котушки УА. У результаті цього звільняється засувка 11 механізму вільного розчіплювання (рис.1) і під дією пружини 23 відбувається другий етап включення (замикання контактів 18 і 19). Лампа HL2 гасне за рахунок розмикання QF1.4. При включенні вимикача замикаються його допоміжні контакти QF1.2 і QF1.3. Спрацьовує реле блокування KL1 і загоряється червона лампа HL1 ("Вимикач виключений"). Реле KL1 спрацьовує, та своїм контактом KL1 стає на самоутримання, а розімкнутим контактом KL1.2 рве кола котушки контактора KM1. У такому положенні ланцюг реле KL1 і котушки контактора KM1 залишається, поки натиснута кнопка SB1. Тобто реле KL1 забезпечує подачу тільки одного короткого імпульсу струму в котушку УА тривалістю, достатню для включення вимикача. Якщо в ланцюзі, що включається вимикачем, виявиться коротке замикання, він автоматично відключиться і, незважаючи на те, що кнопка SB1 усе ще натиснута, повторного включення вимикача не відбудеться. Щоб повторно включити його, треба відпустити кнопку SB1(знеструмиться обмотка реле KL1) і знову натиснути її. Таким чином, за допомогою реле KL1 забезпечується блокування вимикача від багаторазового включення на коротке замикання (в побуті, блокування від дзвінкового режиму).

Відключення вимикача забезпечується натисканням кнопки SB2, у результаті чого замкнеться ланцюг котушки контактора відключення KM2. Він спрацює і своїми контактами KM2.1 і KM2.2 подасть живлення на котушку керування УА. При цьому, напрямок струму в котушці УА буде протилежний, вимикач відключається. Схема керування приходить у вихідне положення.

3. Настроювання лінійного вимикача ВАТ-43

Для виконання лінійним вимикачем захисної функції він повинен бути відрегульований на задану величину струму спрацювання, що називається уставкою вимикача по струму. Уставку по струму регулюють за допомогою магнітного шунта за рахунок зміни величини зазору в магнітній системі вимикача. Зазор можна змінювати в широких межах, тобто вимикач може бути відрегульований на значення уставки, що лежить у деякій області, що називається діапазоном уставки.

В умовах експлуатації вимикачів правильність їхнього настроювання перевіряють шляхом визначення уставки. Крім того, буває необхідність зміни уставки з наступною її перевіркою, що обумовлює наявність залежності уставки від величини зазору у вигляді графіка чи таблиці. Регулювання уставки і її перевірку проводять прямим чи непрямым методом. Перший метод зв'язаний з пропусканням постійного струму по головному ланцюгу вимикача. Перевірку проводять при плавному і повільному підвищенні струму зі швидкістю, що допускає візуальний відлік за вимірювальним приладом. Очевидно, що магнітний потік Φ_3 (рис. 2 б, в), що забезпечує відключення вимикача, створюється струмом головного ланцюга (струмом шини, пропущеної через вікно П - подібного магнітопроводу) [19].

Настроювання непрямым методом виконують з використанням котушки керування 26 вимикача, що має 1025 витків. При визначеному зазорі зміною струму в котушці забезпечують величину МДС, рівну МДС спрацювання, при якій магнітний потік Φ_3 забезпечить відключення вимикача. Очевидно наступне співвідношення:

$$0,2 \cdot w_1 I_{\text{ср.у}} = w_{\text{ко}} I_{\text{ср. до}}, \quad (1)$$

де w_1 - число витків шини головного ланцюга, що проходять через вікно П - подібного магнітопроводу, рівне одиниці;

$I_{\text{ср.у}}$ - струм спрацювання ВАТ-43 (коефіцієнт 0.2 враховує, що через вікно проходить п'ята частина перерізу шини, тобто п'ята частина струму головного ланцюга), А;

$w_{\text{ко}}$ - число витків котушки відключення, рівне 1025;

$I_{\text{ср. до}}$ - струм котушки відключення, при якому досягається відключення вимикача, А.

4. Порядок виконання роботи

4.1. Уключити вимикач за допомогою кнопки SB1 "Включене" (рис. 7).

4.2. Установити задану величину зазору.

4.3. Повернути рукоятку перемикача в напрямку руху годинної стрілки і, утримуючи рукоятку, плавно збільшувати за допомогою реостата струм у котушці відключення до спрацьовування вимикача. Зафіксувати за амперметром величину струму $I_{\text{ср. до}}$.

4.4. Повторити виміри для всіх значень зазору, заданих керівником заняття.

4.5. Використовуючи вираження (1), визначити струми $I_{\text{ср. в}}$.

4.6. Результати вимірів і розрахунків оформити таблицею. Побудувати графік залежності уставок вимикача від величини зазору.

5. Зміст звіту

Звіт про роботу повинен містити:

- основні технічні дані вимикачів ВАТ-43 і ВАБ-43, їхнє призначення;
- основні елементи конструкції вимикача ВАТ-43;
- конструктивні відмінності вимикачів ВАТ-43 і ВАБ-43;
- схему керування вимикачем і виміру струму спрацьовування (рис. 5);
- результати вимірів і висновки по роботі.

Контрольні питання

1. Призначення і різновиди ВАБ.
2. Номінальні параметри ВАТ-43 і його призначення.
3. Номінальні параметри ВАБ-43 (катодного) і його призначення.
4. Складові елементи магнітної системи ВАТ-43.
5. Призначення постійного магніту.
6. Призначення магнітного шунта.
7. Склад контактної системи ВАБ. Функції, виконувані відповідними контактами.
8. Будова і призначення дугогасильної камери ВАБ.
9. Робота ВАБ при включенні. Що забезпечує двохетапне включення?
10. Робота ВАТ при відключенні. Чим забезпечується оперативне і аварійне при КЗ відключення?
11. Гасіння електричної дуги у ВАБ.

12. Призначення котушки подмагнічування.
13. Регулювання струму уставки спрацьовування ВАТ-43.
14. Конструктивні відмінності лінійного і катодного ВАБ.
15. Чому лінійний і катодний ВАБ повинні бути поляризованими?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

Дослідження трансформатора струму

Мета роботи

Вивчення методики випробування трансформаторів струму, що живлять пристрої релейного захисту і придбання практичних навиків у визначенні їх основних параметрів і характеристик.

1 Коротка характеристика [2]

Правильна робота пристрою РЗ і А в умовах експлуатації може бути забезпечена тільки при використуванні справних трансформаторів струму, що мають характеристики, відповідні умовам роботи пристроїв, що виключаються до них. Тому разом з перевіркою окремих реле необхідно переконатися в справності трансформаторів.

Принципова будова трансформаторів струму наведений на рис. 1. На сердечнику, виконаному з листової сталі, розташовуються дві обмотки: W_1 - первинна і W_2 - вторинна.

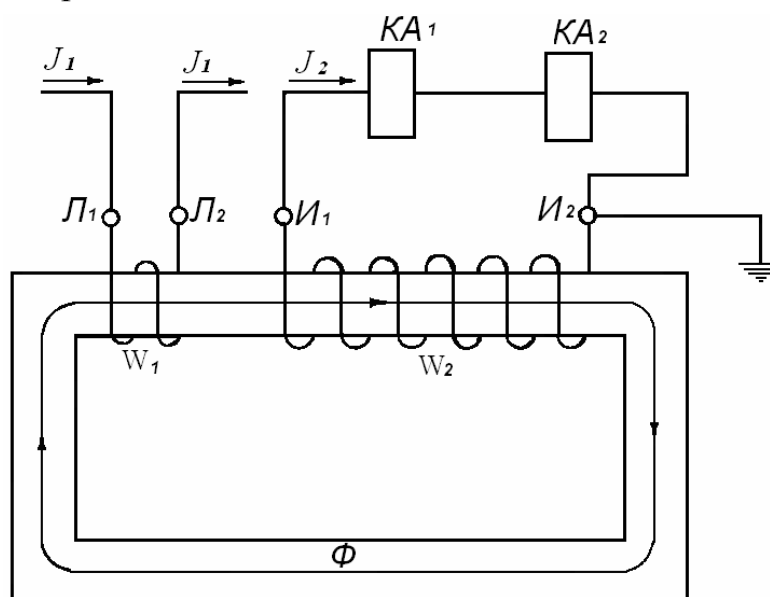


Рис. 1 – Принциповий пристрій трансформатора струму

Первинна обмотка включається в розтин струму I_1 ; до затисків вторинної обмотки підключаються обмотки різних реле, приладів і апаратів.

За позитивний напрям струму в первинній обмотці трансформатора прийнятий напрям від початку до кінця обмотки, тобто від затиску "Л₁" до затиску "Л₂".

Вторинна обмотка і маркіровка її виводів відповідає напрямку струму від кінця обмотки до її початку, тобто від затиску U₂ до затиску U₁. Таким чином, струм в обмотці апарату, включеного у вторинне коло трансформатора, матиме такий же напрям, яким він був при безпосередньому включенні обмотки в первинне коло.

З рівняння намагнічення

$$I_{\text{нам}} W_1 = I_1 W_1 + I_2 W_2 \quad (1)$$

видно, що в номінальному режимі вторинна обмотка трансформатора надає розмагнічуючу дію і

$$I_2 W_2 = I_1 W_1 \quad (2)$$

результуюча намагнічуюча сила $I_{\text{нам}} W_1$, мала і, отже, магнітний потік, створюваний цією силою, також малий.

При роботі трансформатора на холостому ході розмагнічуюча дія вторинної обмотки пропадає і сила первинної обмотки, що намагнічує, витрачатиметься тільки на створення магнітного потоку, унаслідок чого відбувається насичення магнітопроводу.

Індукована первинним струмом е.р.с, визначувана швидкістю зміни потоку в часі, може досягати в цьому випадку величезних величин. Разом в тим різко збільшується рівень вихрових струмів, що призводить до неприпустимого перегріву трансформатора.

Отже в умовах експлуатації слід мати на увазі, що вторинні обмотки трансформаторів повинні бути завжди замкнуті або на обмотки приєднаних до них апаратів або приладів, або на коротко.

2 Перевірка трансформаторів струму

При новому включенні перевірку трансформатора струму здійснюють в наступному об'ємі [18]:

- зовнішній огляд;
- перевірка стану ізоляції;
- визначення полярності виводів трансформаторів струму;
- перевірка характеристики намагнічення;
- визначення коефіцієнта трансформації.

1. Зовнішній огляд виконують при всіх профілактичних перевірках вимірювальних трансформаторів. Перевірку починають із зовнішнього огляду, при якому звертають увагу на надійність кріплення трансформатора і його окремих деталей, на стан ізоляції, стан обмоток контактних з'єднань і виводів. Проводять очищення його від пилу і бруду.

У маслonaповнених трансформаторів перевіряють рівень масла.

2. Перевірка стану ізоляції включає вимірювання опору ізоляції і випробування її електричної міцності.

Вимірювання опору проводять після очищення трансформатора від пилу і бруду. Для вимірювання звичайно використовують мегомметри на 1000 В або 2500 В. Опір ізоляції кожної з обмоток вимірюють як щодо корпусу трансформатора, так і один до одного. Величина опору не нормується, проте повинна знаходитися в межах 50-100 МОм для первинної обмотки і не менше 1МОм - для вторинної. При нижчому рівні опору треба провести сушіння трансформатора.

Електрична міцність ізоляції вторинної обмотки визначається при випробуванні її підвищеною напругою змінного струму. Після підключення трансформатора до випробувальної установки напругу плавно піднімають до 500В і витримують якийсь час на цьому рівні, перевіряючи при цьому струм навантаження випробувальної установки. Якщо при випробуванні не виявиться поштовхів напруги, розрядів, пробойів, іскріння, то напругу піднімають до 1000В і ще раз перевіряють струм навантаження. На цьому рівні напруга підтримується протягом однієї хвилини. При пробойі ізоляції напруга повинна різко зменшитися, а струм різко зрости. Ці покази приладів і є вирішальними при визначенні міцності ізоляції.

3. Визначення полярності виводів трансформаторів струму проводять для контролю правильного з'єднання трансформаторів струму між собою і правильного підключення керуючих реле потужності, ватметрів і лічильників кінці обмоток трансформаторів струму маркують. За початок обмотки приймають виводи обмотки, приєднаної у бік шин розподільчого пристрою, за кінець - вивод, приєднаний у бік лінії трансформатора і т.д.

Перевірку виводів первинної і вторинної обмоток проводять за схемою, представленою на рис. 2.

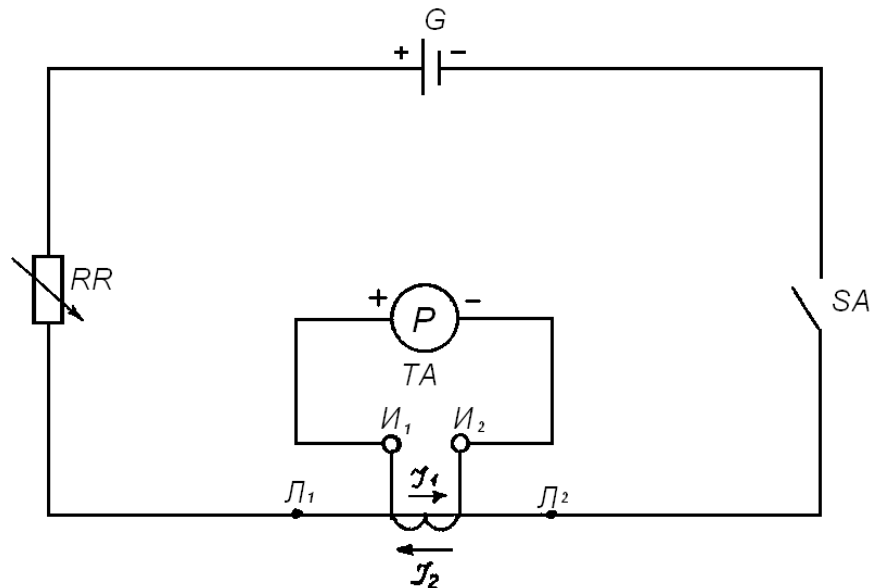


Рис. 2 - Електрична схема перевірки виводів первинної і вторинної обмоток трансформатора струму

У схемі використовується джерело постійного струму - акумулятор або суха батарея, магнітоелектричний поляризований прилад, біля якого напрям відхилення стрілки залежить від напрямку струму в його обмотці, обмежуюче опір, величина якого визначається напругою джерела, і рубильник.

Знаючи, що позитивному напрямку струму в первинному колі (від затиску Л1 до затиску Л2) відповідає напрям струму у вторинній обмотці від кінця (затиск U_2) до початку (затиск U_1), можна за напрямом відхилення стрілки приладу визначити однополярні виводи обмоток трансформатора. Напрямок відхилення стрілки приладу фіксується у момент замикання рубильника, коли внаслідок перехідного процесу у вторинній обмотці трансформатора за правилом Ленца індукується струм. Наприклад, якщо у момент замикання рубильника стрілка приладу при вказаній на рисунку полярності джерела

струму відхилиться управо, напрям струму в обмотці приладу буде зліва направо, а у вторинній обмотці трансформатора, навпаки, справа наліво.

Таким чином, правий затиск приладу вкаже кінець вторинної обмотки U_2 , а лівий - її початок U_1 .

4. Перевірка характеристики намагнічення. Важливою характеристикою трансформаторів струму є крива намагнічення, за виглядом якій можна судити про справність трансформатора. Зокрема, за виглядом характеристики намагнічення можна визначити:

- віткові замикання і несправності магнітопровода;
- можливість сумісного використання трансформаторів у схемах диференціальних захистів (оскільки при майже співпадаючих характеристиках трансформаторів струми небалансу будуть мінімальними);
- похибки трансформатора струму.

На практиці частіше використовують не характеристики намагнічення, а так звану вольтамперну характеристику, яка є залежністю напруги, яка підводиться до вторинної обмотки, від струму намагнічення $U_2=f(I_{ном})$.

Розглянемо схему заміщення трансформатора струму (рис. 3), з якої виходить, що частина первинного струму (I_1), що проходить через приведений опір первинної обмотки (Z_1), відгалужується в опір намагнічення (Z_m), а частина струму (I_2), що залишилася, проходить через опір вторинної обмотки (Z_2) і опір навантаження (Z_H).

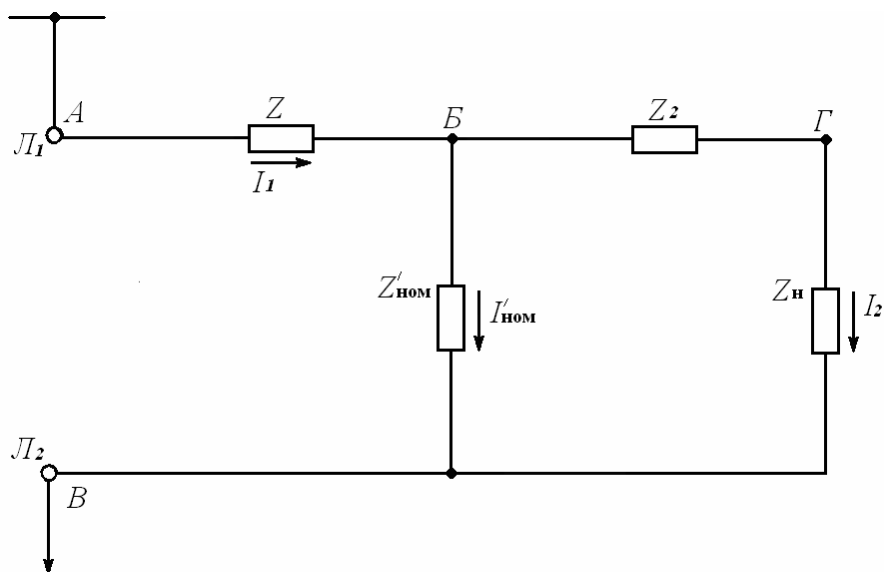


Рис. 3 - Схема заміщення трансформатора струму

При визначенні кривої намагнічення джерело живлення довелося б підключити до первинної обмотки (крапки А і В), що потребувало б потужного і громіздкого джерела живлення, можливість використання яких в умовах експлуатації є важкою.

Із схеми видно, що коли живлення для перевірки трансформатора подати в точку В і Б, то результат не зміниться: одна частина струму піде через опір намагнічення, а інша - у вторинну обмотку. Але фактично точки Б в реальному трансформаторі не існує. Тому живлення можна подати тільки в крапки Г і В, що відповідає подачі живлення у вторинну обмотку трансформатора. Різниця буде в тому, що опір вторинної обмотки в схемі заміщення включений послідовно з опором Z_m ; в реальному випадку Z_2 буде включено послідовно з Z_n . Ця різниця визначається падінням напруги на Z_2 і дає невелику, порядку декількох відсотків, помилку в порівнянні з результатом перевірки первинним струмом, проте оскільки всі випробування проводяться саме таким методом, цю помилку взагалі можна не враховувати.

Вольтамперна характеристика знімається при розімкненій первинній обмотці трансформатора (рис. 4). При новому включенні визначають 10-12 точку і по них будують криву залежності $U_2=f(I_n)$, яку й порівнюють з типовою характеристикою.

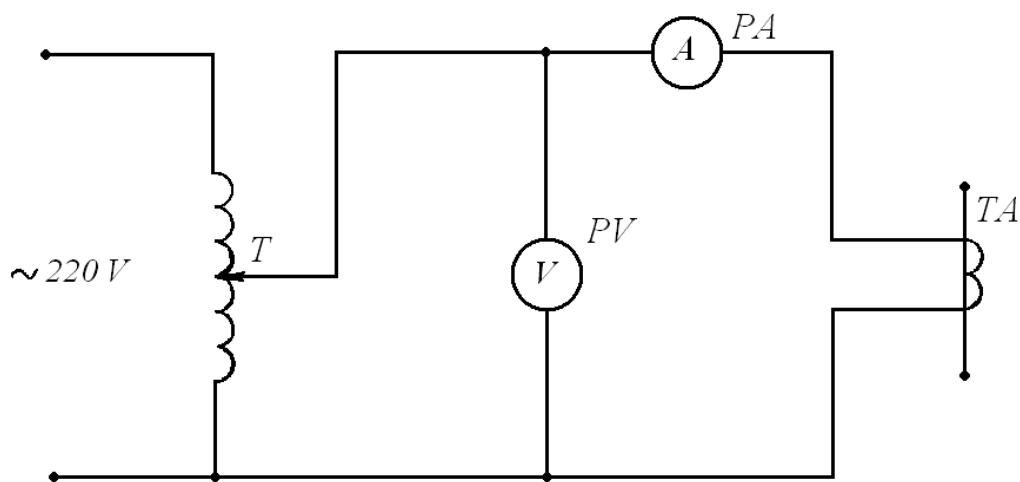


Рис. 4 - Електрична схема для зняття вольтамперної характеристики трансформатора струму

При планових перевірках знімають 3-4 точки і перевіряють їх збіг з характеристикою, одержаною раніше. За наявності в трансформаторі короткозамкнутих витків характеристика різко знижується, що добре видно з рис. 5.

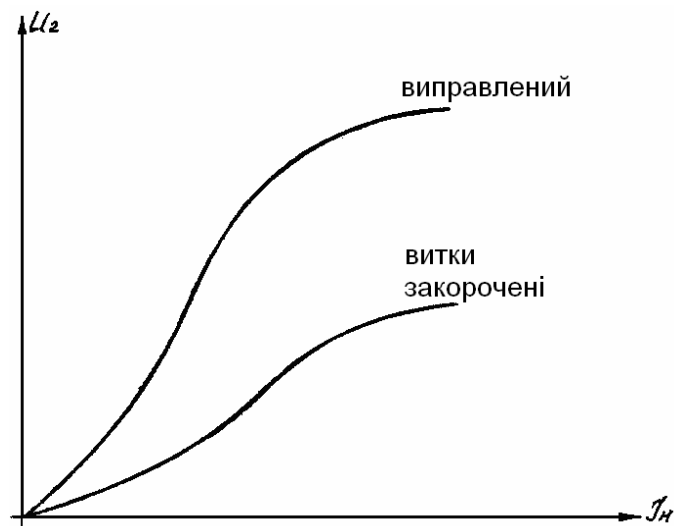


Рис. 5 - Вольтамперна характеристика трансформатора струму

5. Визначення коефіцієнта трансформації. Кожний трансформатор струму характеризується номінальним коефіцієнтом трансформації, що є відношенням номінального первинного струму до номінального вторинного струму. При необхідності визначення первинних струмів, коли відомі вторинні, можна використовувати наближені вирази $I_1 = k_1 I_2$, але при цьому припускаються деякої помилки, обумовленої тим, що номінальний коефіцієнт трансформації не рівний дійсному $K_{\text{ном}} \neq K_{\text{дейст}}$ оскільки його величина залежить від режиму роботи трансформатора. Отже $KI \neq \text{const}$. Вимірювання коефіцієнта трансформації проводять відповідно до схеми, поданої на рис. 6.

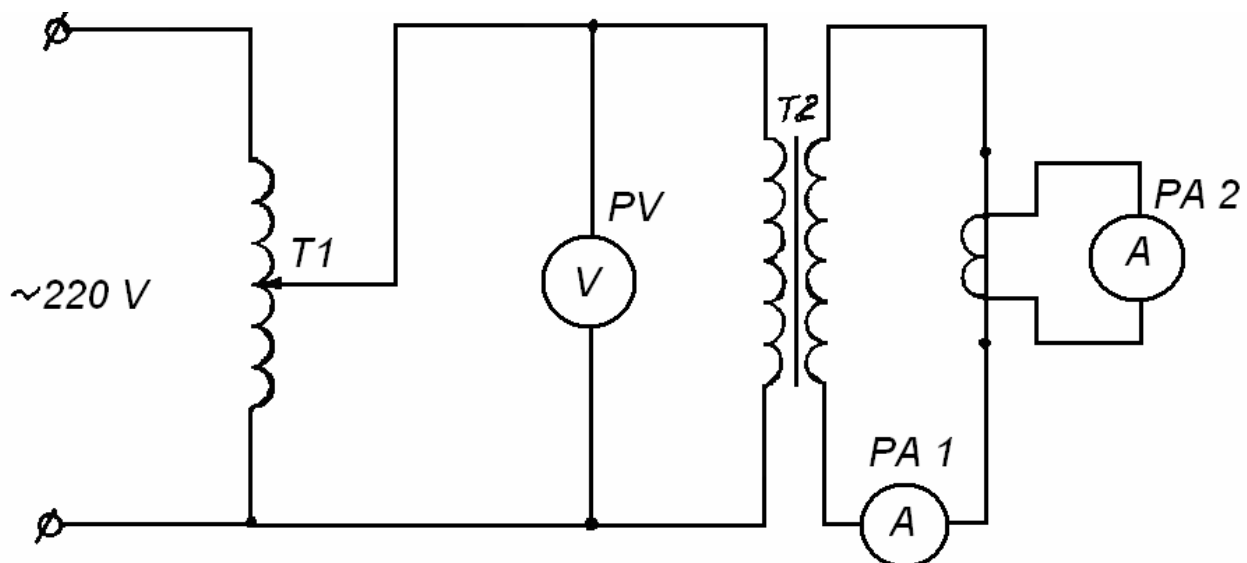


Рис. 6 - Електрична схема при вимірюванні коефіцієнта трансформації трансформатора струму

У первинну обмотку від пристрою навантаження подаємо змінний струм, рівний $0,2I_{1ном}$. Величину коефіцієнта трансформації одержимо, взявши відношення показів амперметрів A_1 і A_2 відповідно до формули

$$K_1 = \frac{I_{1ном}}{I_{2ном}}.$$

При перевірці вбудованих трансформаторів необхідно одночасно з вимірюванням коефіцієнта трансформації перевірити правильність маркіровки всіх відгалужень. Перевірку проводимо в наступній послідовності. На два будь-які відгалуження подаємо напругу від автотрансформатора. Вольтметром визначаємо виводи, між якими напруга буде максимальною. Потім живлення від автотрансформатора подаємо на знайдені кінці обмоток (рис. 7). При цьому напругу встановлюємо з розрахунку 1В на один виток. Номінальну кількість витків беремо відповідно до заводських даних. Подальший розподіл напруги на відгалуження повинен бути пропорційно відомому числу витків. Коефіцієнт трансформації визначаємо для кожного відгалуження окремо.

3. Програма роботи

1. Зовнішній огляд трансформатора.
2. Перевірка стану ізоляції первинної і вторинної обмоток трансформатора.
3. Перевірка полярності виводів обмоток трансформатора.
4. Визначення кривої намагнічення трансформатора.
5. Визначення коефіцієнта трансформації.
6. Складання протоколу випробувань трансформатора струму.

4. Опис лабораторної установки

Лабораторна установка є повністю укомплектованим штатним устаткуванням комірка комплектного розподільного пристрою типу КСО-2УМ,

Два трансформатори струму типу ТПФМ встановлено у фазах А і С фідера, що відходить, і призначені для підключення до них амперметрів і максимального струмового захисту, діючого на відключення фідера.

Випробувальні схеми збирають на столику, встановленому безпосередньо біля комірки, тут же на підлозі встановлюють трансформатори навантаження і регулювання.

5. Вказівки до виконання роботи

При профілактичних випробуваннях трансформатора струму використовується наступна контрольно-вимірювальна і випробувальна апаратура:

- мегомметр МС-05 2500В;
- високовольтна установка;
- трансформатор навантаження;
- амперметр Е 59 0-5-10 В (2 шт);
- комплект К-50;
- випрямляч;
- гальванометр;
- автотрансформатор РНО-250/2;
- реостат ГСП.

1. Зовнішній огляд. При зовнішньому огляді трансформатора струму необхідно виконати такі операції:

- оглянути виводи первинної і вторинної обмоток, визначити стан їх ізоляції;
- очистити трансформатор від пилу й бруду;
- контактні частини струмопроводів очистити від оксидів;
- виявити дефекти в основній ізоляції (тріщини, відколи і т.п.);
- підтягнути всі кріпильні деталі.

6. Випробування ізоляції трансформаторів струму

А. Перед роботою необхідно здійснити перевірку мегомметра, для чого слід:

- замкнути клеми "Л" і "З" мегомметра;

- обертати ручку мегомметра. Стрілка повинна встановитися на Б. Вимір опору ізоляції первинної і вторинної обмотки щодо землі проводиться в наступному порядку:
- клему "Л" мегомметра з'єднати з виводом первинної обмотки;
- клему "З" з'єднати з корпусом комірка;
- обертуючи ручку мегомметра із швидкістю 80-150 об/с, через 60 с зняти показання мегомметра;
- перемкнути клему "Л" мегомметра з первинної обмотки на вторинну;
- заміряти опір ізоляції;
- одержані дані занести в протокол.

В. Вимір опору ізоляції між первинною і вторинною обмоткою ізоляції проводять в наступному порядку:

- клему "Л" з'єднати з первинною обмоткою;
- клему "З" мегомметра з'єднати з вторинною обмоткою;
- заміряти опір ізоляції і результати занести в протокол;
- розібрати схему.

Примітка. Вимірювання опору ізоляції вторинної обмотки щодо корпусу і щодо первинної обмотки проводити для вторинних обмоток з класом точності 0,5 і 3,0.

Г. Перевірку ізоляції підвищеною напругою здійснюють таким чином:

- зняти заземляючий провід з обох обмоток;
- зашунтувати початки і кінці обох вторинних обмоток;
- з'єднати початок першої обмотки з початком другої обмотки;
- виводи високовольтної установки підключити до початку первинної обмотки і до корпусу осередка;
- вимкнути установку;
- підняти напругу до 500В і витримати протягом 1хв.;
- довести напругу до 1000В і витримати 1хв.;
- понизити напругу до нуля і вимкнути установку.

(У цій роботі випробування ізоляції трансформатора підвищеною напругою проводять тільки біля вторинних обмоток).

3. Визначення полярності виводів. При визначенні полярності виводів трансформації необхідно:

- зібрати схему, представлену на рис. 2, для однієї з вторинних обмоток;
- встановити повзунок РСП у середнє положення;
- включити випрямляч в мережу;
- включити ВК і зафіксувати напрям відхилення стрілки гальванометра;
- результати перевірки занести в протокол.

7. Зняття характеристик намагнічення

Для зняття характеристик намагнічення слід:

- зібрати схему, наведену на рис 4;
- вивести РНО на нуль;
- включити РНО в мережу (порядок зняття характеристики намагнічення наведений в другому розділі цих вказівок);
- відключити живлення і розібрати схему;
- занести результати в протокол і побудувати криві намагнічення.

8. Визначення коефіцієнта трансформації

При вимірюванні коефіцієнта трансформації необхідно:

- зібрати схему, зображену на рис. 6;
- провести перемикання на трансформаторі згідно із схемою з'єднань, вказаною на корпусі трансформатора;
- включити трансформатор в мережу;
- визначити коефіцієнт трансформації за методикою, наведеною в другому розділі цієї роботи;
- вимкнути установку, розібрати схему;
- результати перевірки занести в протокол;
- привести в порядок робоче місце і скласти протокол випробувань.

Контрольні питання

1. Призначення трансформаторів струму.
2. Класифікація трансформаторів струму за конструктивним виконанням.
3. Відмінність режиму роботи трансформатора струму від силових трансформаторів.
4. Особливості роботи трансформаторів струму.
5. Параметри трансформатора струму, що підлягають перевірці перед включенням.
6. Порядок зняття вольтамперної характеристики.
7. Порядок визначення коефіцієнта трансформації.
8. Перевірка ізоляції первинної і вторинної обмоток.
9. Призначення трансформатора нульової послідовності.
10. Основна вимога до трансформаторів струму при відключених приладах.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Дослідження технічних характеристик розподільних пристроїв великої напруги типу РУ-(6-10)кВ

1. Мета роботи

У процесі підготовки і виконання роботи студенти повинні:

- засвоїти визначення, що відносяться до електричних розподільних пристроїв;
- вивчити особливості конструкції комірок типу КСО-272;
- засвоїти виробництва оперативних перемикачів в електроустановках і вміти виконувати їх практично;
- вивчити схеми управління, сигналізації, автоматики, захисту і вимірювання комірки введення.

2. Основні терміни і визначення

2.1. Електричний розподільний пристрій (РП) — електроустановка, призначена для прийому і розподілу електричної енергії на одній напрузі і що містить комутаційні апарати і з'єднуючі їх збірні шини, пристрої керування і захисту.

До пристроїв керування відносяться апарати і зв'язуючі їх елементи, що забезпечують контроль, вимірювання, сигналізацію і виконання команд.

2.2. Відкритий розподільний пристрій (ВРП) — електричний розподільний пристрій, обладнання якого розташоване на відкритому повітрі.

2.3. Закритий розподільний пристрій (ЗРП) — електричний розподільний пристрій, обладнання якого розташоване у приміщенні.

2.4. Комплектний розподільний пристрій (КРП) — електричний розподільний пристрій, що складається з шаф або блоків з вбудованими в них обладнанням, пристроями керування, контролю, захисту, автоматики і сигналізації, що поставляються в зібраному або підготовленому для зборки вигляді.

2.5. Комірка розподільного пристрою - частина розподільного пристрою, що містить всю або частину комутаційної, або іншої апаратури одного приєднання.

2.6. Система збірних шин (СЗШ) - комплект елементів, що зв'язують між собою всі приєднання електричного розподільного пристрою.

2.7. Секціонована система збірних шин - система збірних шин, що складається з декількох секцій.

Секція системи збірних шин - частина системи збірних шин, відокремлена від іншої її частини комутаційним апаратом.

2.8. Шинний роз'єднувач - роз'єднувач, призначений для підключення приєднань (лінії, трансформатора і т.д.) до однієї з систем збірних шин розподільного пристрою.

2.9. Вихідний роз'єднувач — роз'єднувач, що з'єднує приєднання з його вимикачем і за допомогою якого забезпечується безпечний розрив електричного кола на час ремонту вимикача або приєднання.

2.10. Заземлюємий роз'єднувач - роз'єднувач для з'єднання шин із заземлюючим пристроєм з метою безпеки.

3. Конструкція комплектного розподільного пристрою [2,18]

Комплектний РП навчальної тягової підстанції зібраний з комірок типу КСО-272 (камера збірна одностороннього обслуговування). Пристрій камер розглянемо на прикладі комірківводу. Вона, як і комірки інших приєднань, є

металевою шафою. У неї вбудовано обладнання головного кола (вимикач, шинний і вихідний роз'єднувач, трансформатори струму), а також пристрої керування, захисту, контролю і сигналізації (привод вимикача, комплект захисту КЗ-12, контрольно-вимірювальна апаратура, органи керування вимикачем і засоби сигналізації).

Устаткування головного кола камери і частково апаратура вторичної системи показані на рис. 1. Таку схему називають схемою заповнення, комірки (відносно РП в цілому — схемою заповнення РП).

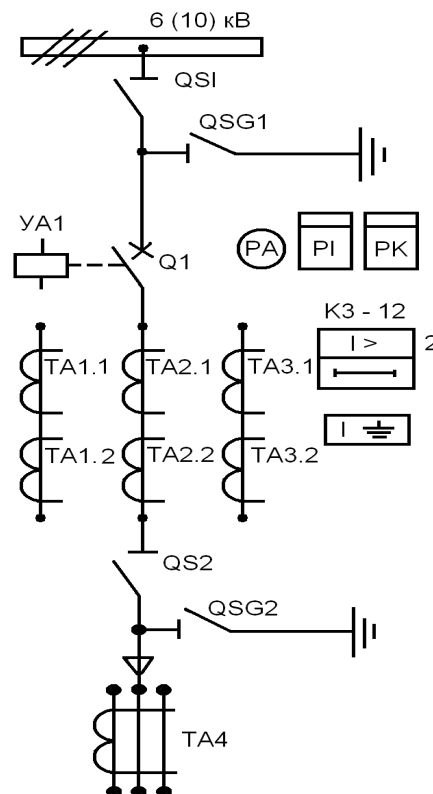


Рис. 1 - Схема заповнення комірки

Обладнання головного кола на схемі розміщують в послідовності, відповідній реальному його розміщенню в комірці. Воно включає:

- *QSI*- шинний роз'єднувач типу РВФЗ-10 із заземлюючими ножами *QSG1*;
- *Q1*- вимикач ВПМ-10 з електромагнітним приводом *YA 1*;
- *TA1 ...TA3* - вимірювальні трансформатори струму типу ТПЛ-10;
- *QS2* - вихідний роз'єднувач типу РВЗ-10 з заземлюючими ножами *QSG2*;
- *TA4* - трансформатор струму типу ТЗРЛ-10 для захисту від замикань на землю.

Вказане обладнання розміщене усередині камери, окрім приводу вимикача. Тут також розташовано проміжний механізм, що зв'язує вали приводу і вимикача. Над верхніми дверима є короб, в якому за допомогою колодок затисків прокладається мережа оперативного струму.

На фасадній стороні комірки розміщені приводи шинного й вихідного роз'єднувачів і їх заземлюючих ножів.

При виконанні однолінійної схеми ПС на неї також наносять основну апаратуру вторинної системи без позначення електричних зв'язків (звичайно, пристрої захисту, автоматики і вимірювальні прилади). На рис. 1 показаний її склад для комірки вводу:

- РА - амперметр;
- Р1 і РК - відповідно лічильники активної і реактивної енергії;
- комплект захисту КЗ-12, що включає два реле максимального струму ($I > I_{уст}$), реле часу і вказівне реле;
- реле захисту від замикань на землю (L).

Вказана апаратура вторинної системи розміщена на фасадній стороні комірки, де також розташовані:

- автоматичні вимикачі, що забезпечують подачу живлення на кола керування і кола вимикача;
- ключ оперативного (місцевого) управління вимикачем;
- контактор електромагніту включення вимикача та ін.

Конструкцією комірки передбачені механічні блокування, що виключають неправильну черговість дій з роз'єднувачем і його заземлюючими ножами, а також з вимикачем та роз'єднувачами. Елементи блокувань, винесені на лицьову сторону комірки, і рукоятка приводу заземлюючих ножів пофарбовані в червоний колір.

Перше блокування здійснене за рахунок взаємного розташування рукояток приводів роз'єднувача (нижня) і заземлюючих ножів (верхня), що виключає можливість:

- включення роз'єднувача при включених заземлюючих ножах, тобто при накладеному заземленні;
- включення заземлюючих ножів, тобто накладення заземлення при включеному роз'єднувачі.

Це блокування дублює інше, передбачену в конструкції роз'єднувачів із заземлюючими ножами (наприклад, РВЗ і РВФЗ): механічне блокування між валами роз'єднувача (його головних контактів) і його заземлюючих ножів. Крім того, навпроти фіксатора приводу заземлюючих ножів розміщена планка, яка стопориться і закривається навісним замком на час виконання робіт з технічного обслуговування в комірці. Цей захід запобігає помилковому зняттю заземлення (відключення заземлюючих ножів), оскільки немає можливості відтягнути фіксатор.

Друге блокування виключає включення і відключення шинного роз'єднувача при включеному вимикачі. Таким чином, воно запобігає помилковим діям обслуговуючого персоналу в порядку оперативних перемикачів. При включенні спочатку включають роз'єднувачі, потім вимикач, при відключенні спершу відключають вимикач, потім роз'єднувачів. Блокування здійснене тим, що при включеному вимикачі виключається доступ до фіксаторів рукояток приводів роз'єднувачів поворотними кожухами. При відключеному вимикачі кожух можна розвернути, відтягнути фіксатор і включити або відключити роз'єднувач. При включеному вимикачі кожухи стопоряться дією на вісь штока, керованого валом приводу. Шток приєднаний до валу через круг, який ексцентрично насаджений на вал.

4. Вторинна система комплектного розподільного пристрою

Під вторинною системою РП розуміють сукупність пристроїв керування, сигналізації, автоматики, захисту і вимірювань, зв'язаних між собою вторинними колами. Звичайно схему вторинної системи для зручності користування розділяють на ряд схем з урахуванням їх призначення і виду джерела живлення.

Ці схеми наступні: струмові кола (рис. 2), кола напруги (рис. 3), кола керування (рис. 4) та кола сигналізації (рис. 5).

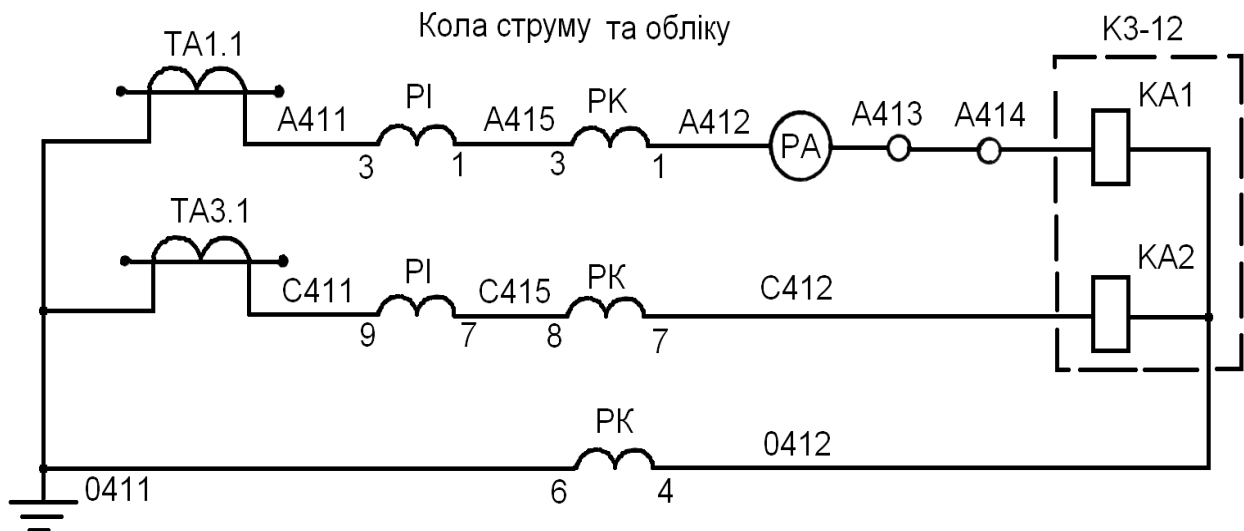


Рис. 2 - Струмові кола вторинної системи комплектного розподільного пристрою

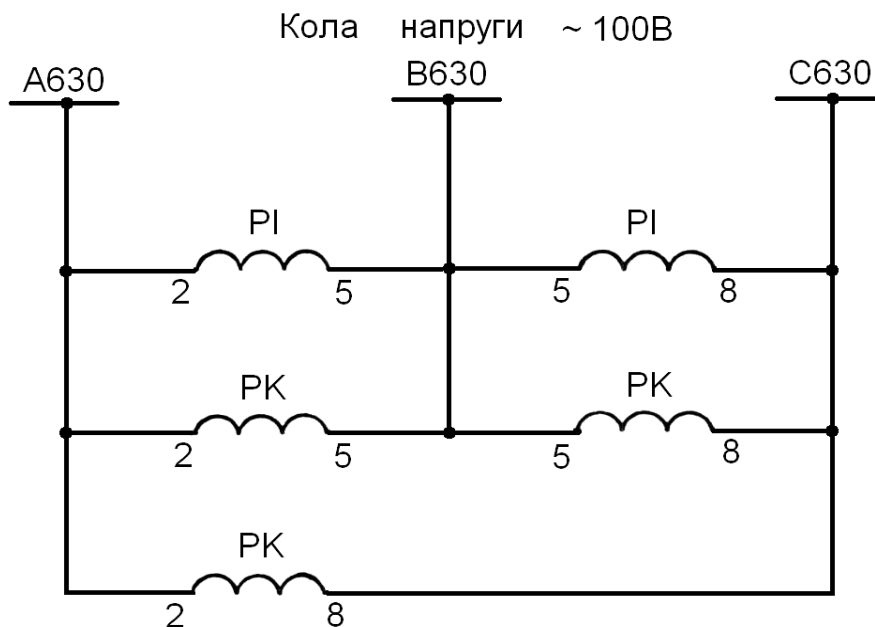


Рис. 3 - Кола напруги вторинної системи комплектного розподільного пристрою

- обмотки струму лічильника реактивної енергії РК (СР4У-И673М., для чотири провідної мережі, трьохелементний, універсальний);
- амперметр РА;
- реле струму $KA1$ і $KA2$ типу РТ-40, що входять в комплект захисту КЗ-12.

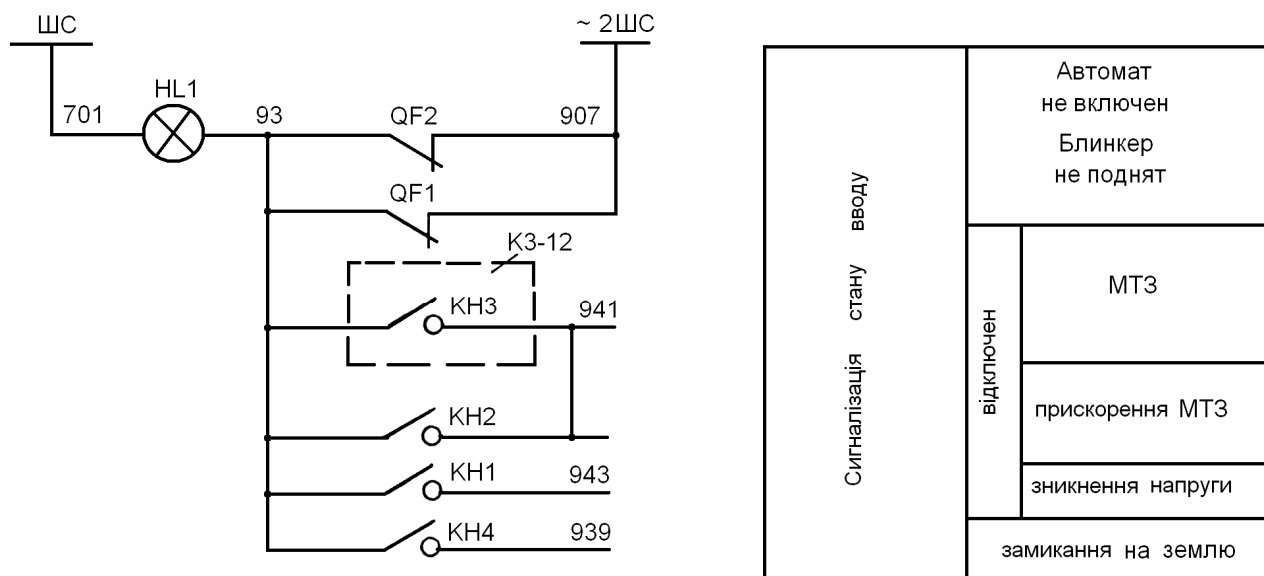


Рис. 5 - Кола сигналізації вторинної системи комплектного розподільного пристрою системи РП

До вторинних обмоток $TA1.1$ і $TA3.1$, включених на різницю струмів фаз А і В, підключений стабілізований блок живлення БПТ-1002 (рис.6). Він спільно з блоком живлення БПН-1002 утворює блок БП-1002, що є джерелом живлення кіл керування РР.

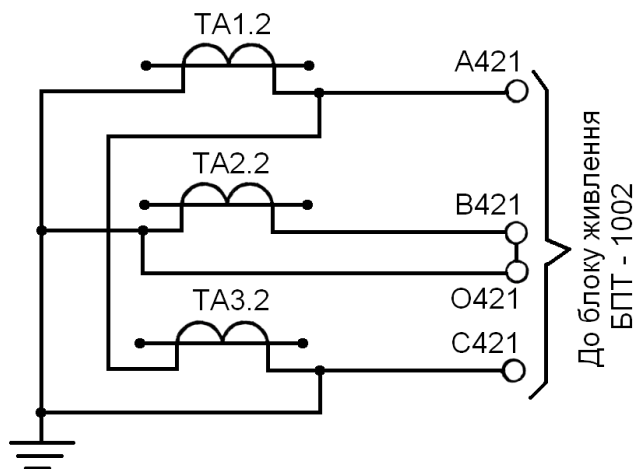


Рис. 6 - Стабілізований блок живлення БПТ-1002

Трансформатор струму нульової послідовності *ТА4* типу ТЗРЛ (рис. 7) живить захист від однофазних замикань на землю (реле струму КАЗ).

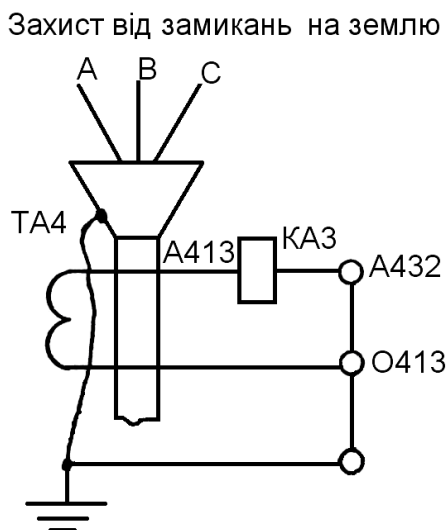


Рис. 7 - Трансформатор струму нульової послідовності *ТА4*

Кола напруги і обліку електроенергії живляться від трансформатора напруги. Вони включають обмотки напруги лічильників активної *PI* і реактивної енергії *PK* (рис. 3).

Витрату електроенергії визначають множенням показів лічильника на перелічувальний коефіцієнт, рівний для універсальних лічильників перемноженню коефіцієнтів трансформації трансформаторів струму і трансформатора напруги.

Кола керування забезпечують оперативне, і автоматичне включення, при дії захисту КЗ-12, відключення вимикача.

Електромагніт включення приводу вимикача споживає короткочасно великий струм, тому кола включення живлять від спеціального джерела. Кола електромагніту включення комутують контактами вмикаючого контактора *КМ*.

Оперативне керування вимикачем (рис. 4) здійснюють за допомогою ключа керування *SA1*, що має три положення (рис. 6):

- фіксоване, при якому кола *КМ* і електромагніт відключення розімкнені;
- два нажимних - "В" (включити) і "О" (відключити). Для включення вимикача рукоятку ключа повертають вліво, при цьому замикаються його

контакти :1 і :2, для відключення - вправо, замикаються контакти :5 і :6. У коло включення і відключення введені допоміжні контакти *SQ1.1* і *SQ1.2* вимикача, а також електромагніта включення *УА1* і *УА2*. Положення *SQ1.1* і *SQ1.2* показане для відключеного вимикача, тобто при відключеному вимикачі *SQ1.1* замкнутий і коло включення готове до роботи. При включеному вимикачі, навпаки, готове до роботи коло відключення (замкнута *SQ1.2*), коло включення виведено розімкненим *SQ1.1*. Таке виконання кола виключає їх одночасну роботу. Крім того, те або інше коло розмикається відповідним контактом до відпуску рукоятки ключа керування.

Електромагнітним приводам властиво явище «стрибання» - можливість багатократного повторного включення вимикача на к.з. Суть його наступна: вимикач після включення на коротке замикання відключається дією захисту. Якщо при цьому утримувати ключ керування в положенні «В», то знову відбудеться включення вимикача, потім відключення і т.д., доки рукоятка ключа не буде відпущена. Для запобігання цьому явищу в схему введені два допоміжні контакти *УА 1.1* і *УА 1.2* (що розмикає в колі *КМ* і що замикає в перемичку між *КМ* і *УА2*). Тепер при відключенні вимикача дією захисту *УА1.1* розмикається, виводячи з роботи кола приєднання. Контакт *УА 1.2* замикається, тобто команда на включення вимикача від утримуваного в положенні «В» ключа керування подаватиметься на *УА2* - на відключення вимикача і повторного його включення не відбудеться.

Проміжне реле *КТ2* з затримкою при поверненні забезпечує миттєве відключення вимикача після його оперативного включення на те, що існує в колі к.з. за рахунок шунтування - органу витримки часу захисту *КЗ-12* (контакту *КТ1.2*).

Схемою передбачено включення і відключення вимикача за системою телекерування з диспетчерського пункту (контакти *Т1* - *Т3*).

Кола сигналізації забезпечують обслуговуючий персонал і чергового диспетчера інформацією про готовність до роботи кіл керування і стану

приєднання (комірки введення). Сигналізація виконана за допомогою сигнальної лампи *HL1* (рис. 5), яка горить у випадках:

- неготовності до роботи кіл керування (відключені автомати *OF1* і *QF2* або один з них, тобто замкнуті їх допоміжні контакти в колі *HL1*);
- відключення вимикача комплектом захисту КЗ-12 (замкнений контакт КНЗ вказівного реле);
- миттєвого відключення вимикача після оперативного відключення його на к.з. (замкнений контакт *КН2*);
- спрацьовування захисту від замикань на землю (замкнений контакт *КН4*);
- автоматичного відключення вимикача дією пускового органу напруги пристрою автоматичного включення резерву (АВР) при зникненні напруги на робочому введенні (замкнений контакт *КН1*).

Окрім горіння лампи (місцева сигналізація), працює на підстанції також центральна світлова і звукова сигналізація з передачею інформації за системою телесигналізації на диспетчерський пункт.

5. Порядок виконання роботи

5.1. Вивчити будову комірки вводу РУ - 10 кВ, звернувши особливу увагу на розміщення обладнання в комірці, на виконання і дію блокувань.

5.2. Намітити порядок виконання оперативних перемикань для відключення даного приєднання з метою проведення технічного обслуговування комірки і її обладнання. Відпрацювати практично операції з відключення приєднання.

5.3. Намітити порядок проведення операцій з підключення даного приєднання після закінчення робіт в комірці і практично їх виконати.

5.4. Керуючись (рис. 1) і схемами заповнення решти комірок, скласти однолінійну схему РУ-10КВ навчальної тягової підстанції. Разом з умовними позначеннями обладнання схема повинна містити його типи й деякі параметри.

5.5. Ознайомитися з схемами вторинної системи комірки вводу РУ-10 кВ. Вивчити схему керування вимикачем.

6. Зміст звіту

Звіт про роботу повинен відповідати вимогам щодо його оформлення і включати назву, мету і зміст роботи, схеми і ескізи, технічні характеристики об'єкта дослідження, висновки по роботі. У частині змісту звіт повинен мати:

- порядок виконання операцій при виведенні з роботи і введенні в роботу комірки вводу;
- однолінійну схему РУ-10КВ навчальної тягової підстанції з вказівкою типів і технічних характеристик обладнання головного кола і вторичної системи;
- схему керування вимикачем з переліком і призначенням її елементів.

Контрольні питання

1. Дайте визначення терміна "електричний розподільний пристрій".
2. Дайте визначення термінам "відкритий і закритий розподільні пристрої".
3. Призначення РУ-6 /10/ кВ ТП.
4. Зобразіть схему заповнення комірки лінії РУ-6-10 кВ ТП, що відходить, перерахуйте її обладнання.
5. Які механічні блокування передбачені в комірках типу КСО-272? Їх призначення.
6. Опишіть конструктивне виконання блокування між приводами головних контактів і заземляючих ножів роз'єднувача.
7. Наведіть послідовність дій з комутаційними апаратами комірки введення при її від'єднанні від збірних шин РУ з метою ремонту.
8. Що розуміють під вторинною системою РУ?
9. Назвіть основні пристрої вторинної системи комірки введення РУ-6-10 кВ ТП.
10. Як визначають витрату електроенергії при використуванні трансформаторних універсальних лічильників активної енергії?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

Дослідження технічних характеристик розподільчих пристроїв постійного струму РУ (+600)В.

1. Мета роботи

Метою роботи є вивчення конструкції осередків РУ +600В, придбання навичок оперативних переключень, вивчення схеми керування лінійним вимикачем і перемикачем запасної шини.

2. Будова комплектного розподільного пристрою постійного струму

Електричним розподільним пристроєм (РУ) називають електроустановку, призначену для прийому і розподілу електричної енергії на одній напрузі й утримуючу комутаційні апарати і з'єднуючі їхні збірні шини, пристрої керування і захисту.

Комплектним називають пристрій, що складається із шаф і блоків з вбудованими в них устаткуванням, пристроями керування, контролю, захисту, автоматики і сигналізації, що поставляється в зібраному чи підготовленому для зборки вигляді.

Розподільний пристрій постійного струму напругою 600В призначений для прийому електричної енергії від перетворювальних агрегатів і розподілу її між ділянками контактної мережі. Він складається з двох частин: РУ+600В, від якого до ділянок мережі відходять позитивні живильні лінії, і РУ, через яке за допомогою живильних негативних ліній, від мінус агрегатів подається 600В на ділянки мережі.

Розподільний пристрій +600В складається з [2,18]:

- комірок катодних вимикачів, тобто введів від перетворювальних агрегатів. Їхнє число відповідає кількості агрегатів;
- комірок лінійних вимикачів, за кількістю відповідних числу живильних позитивних ліній (ППЛ), що відходять від РУ+600В;
- комірки запасного (правильно: обхідного) вимикача.

Розподільний пристрій +600В має дві шини: робочу і запасну (обхідну).

Робочою називають шину (систему збірних шин), до якої в нормальному режимі підключені всі підключення електричного розподільного пристрою.

Обхідною (запасною) називають шину (систему збірних шин), призначену для переключення на неї приєднань на час ремонту комунікаційного чи іншого обладнання.

Обхідним (запасним) називають вимикач, призначений для переключення на обхідну систему шин приєднань РУ на час ремонту основного вимикача чи приєднання у випадку його пошкодження.

Розподільний пристрій мінус 600В з комірок РУОШ(А) для приєднання перетворювальних агрегатів і РУОШ(Л) для приєднання живильних негативних ліній (ПОЛ). Кожна з комірок вказаного призначення розрахована на підключення двох кабелів і має два амперметри з вимірювальними шунтами.

Розподільний пристрій +600В навчальної тягової підстанції складається з катодного вимикача й комірок лінійного і запасного вимикачів. Принципова електрична схема наведена на рис. 1.

Робоча шина підключена до перетворювального агрегату через роз'єднувач $QS1$ і катодний вимикач $QF1$. Нормально ППЛ підключена до робочої шини через роз'єднувач $QS2$, лінійний вимикач $QF2$ і перемикач запасної шини $QS3$ (ПЗШ). Для проведення робіт на лінійному чи вимикачі іншим устаткуванні комірки ППЛ за допомогою ПЗШ підключають до запасної шини, за допомогою роз'єднувачів $QS4$, $QS5$ і запасного вимикача $QF3$ подають +600В на запасну шину. Тобто тепер запасний вимикач виконує функції лінійного.

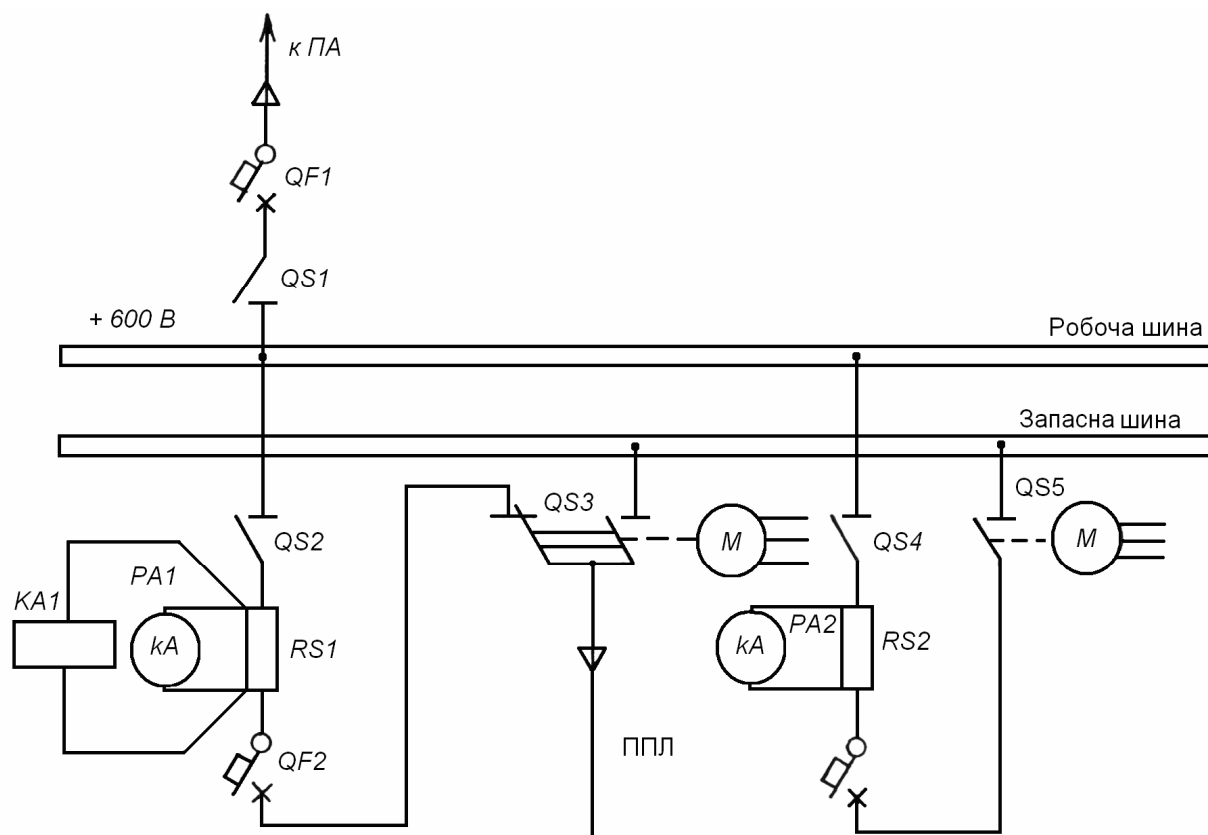


Рис. 1 - Принципова електрична схема РУ +600В

Роз'єднувачі $QS2$ і $QS4$ керуються ручними приводами. Перемикач ПЗШ (здвоєний роз'єднувач) $QS3$ і роз'єднувач $QS5$ керуються магнітофугальними приводами М. Передбачено місцеве керування цими роз'єднувачами $QF2$ і $QF3$, а також чи телекерування, з диспетчерського пункту.

Введення ППЛ на запасну шину виконують у наступній послідовності:

- відключають лінійний вимикач *QF2*, знімаючи навантаження з ППЛ;
- переключають *QS3* (ПЗШ) на запасну шину, підключаючи до неї ППЛ;
- виключають роз'єднувач *QS5* в осередку запасного вимикача;
- виключають запасний вимикач *QF3*. При цьому +600В подається на запасну шину, до якої через *QS3* підключена ППЛ.

Зазначені оперативні переключення виконують за допомогою кнопок, розташованих на лицьовій стороні осередків лінійного і запасного вимикачів, чи по системі телекерування з диспетчерського пункту. Для проведення робіт на лінійному вимикачі необхідно також відключити роз'єднувач *QS2* (за допомогою ручного привода).

Введення ППЛ на робочу шину виконуються в такому порядку:

- відключають *QF3*, знімаючи навантаження з ППЛ;
- відключають *QS5*;
- включають *QS2*;
- переводять *QS3* на робочу шину;
- включають *QF2*.

Комірки РУ+600В мають однобічне обслуговування. Усередині їх розміщене устаткування головного кола і вторинної системи: швидкодіючий вимикач і станція керування їм, роз'єднувачі, магнітофугальний привод, вимірювальний шунт, токове реле РТ-40 захисту тягової мережі від малих струмів к.з. На передній стороні комірки розташований ручний привод з електромагнітним блоком-замком роз'єднувача, перемикач вибору режиму керування, сигнальні лампи, кнопки керування вимикачем і ПЗШ, реле схеми керування вимикачем, магнітні пускачі схеми керування ПЗШ, вимикач (тумблер) сигнальних ламп 36В, вимикач освітлення комірки, кнопка перевірки звукового сигналу.

3. Керування комутаційними апаратами

3.1. Керування ПЗШ

Схема керування наведена на рис. 2. Передбачено місцеве керування (МК) і по системі телекерування (ТК). Вид керування задається перемикачем *SA1*.

Для керування ПЗШ передбачений магнітофугальний привод, що являє собою трифазний асинхронний двигун з поступальним рухом ротора. Переведення ПЗШ у положення з робочої шини на запасну виконують при місцевому керуванні кнопками *SB3* і *SB4*, при натисканні яких спрацьовують контактори *KM3* чи *KM4*. Контакти контактора *KM4* подають на привод *М* трифазна напруга $\sim 220\text{В}$ з прямим чергуванням фаз. Привод, спрацьовуючи, переводить ПЗШ на робочу шину. Контактором *KM3* здійснюють переведення ПЗШ на запасну шину. При цьому на привод подається напруга зі зворотним чергуванням фаз. У колах обмоток контакторів *KM3* і *KM4* має кінцеві вимикачі *SQ1.1* і *SQ2.1*, що забезпечують розмикання кіл обмоток у положеннях ПЗШ відповідно на робочій чи запасній шинах. На рис.2 їхній стан показаний для положення ПЗШ на робочій шині, тобто коло *KM4* розімкнено, коло *KM3* підготовлений до роботи (до переведення ПЗШ на запасну шину).

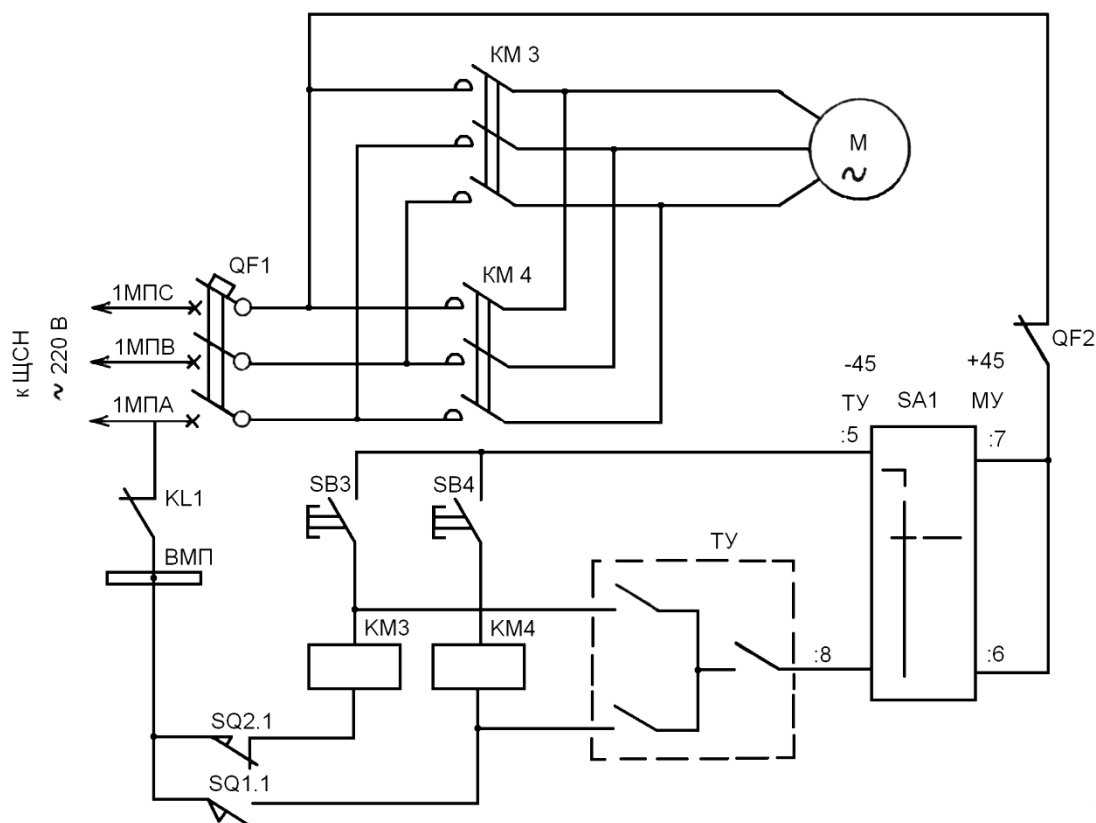


Рис. 2 - Схема керування комутаційними апаратами

3.2. Керування лінійним вимикачем [2,18]

Ланцюг керування лінійним вимикачем $QF2$ і ланцюга сигналізації наведені на рис. 3.

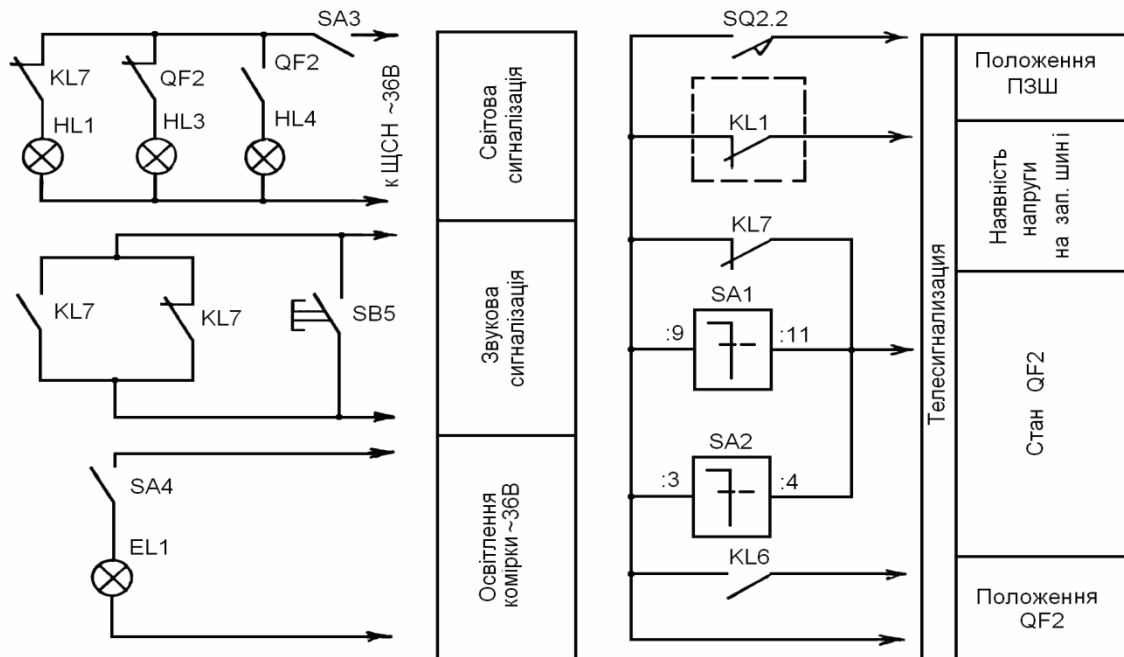


Рис. 3 - Кола керування лінійним вимикачем $QF2$

Схемою керування передбачено:

- місцеве керування вимикачем: включення і відключення кнопками $SB1$ і $SB2$ відповідно при положенні перемикача вибору режиму роботи $SA1$ “МК”;
- телекерування вимикачем з диспетчерського пункту при положенні $SA1$ “ТК”;
- автоматичне відключення від струму, що перевищує уставку струму скидання; при дії захистів від малих струмів к.з. у тяговій мережі і від замикання на землю в системі 600В;
- дворазове автоматичне повторне включення (АПВ) з витримками часу 20с (перший цикл) і 3 хв (другий цикл) при автоматичному відключенні великих струмів к.з.;
- однократне АПВ після відключення вимикача дією захистів від малих струмів к.з. і замикань на землю;
- блокування АПВ після його неуспішної дії;
- роздільний контроль числа спрацьовувань АПВ з витримкою часу 20с і витримкою 3хв.

Кола сигналізації забезпечують (рис. 3):

- роботу звукової і світлової сигналізації при зникненні напруги $\sim 220\text{В}$ у схемі керування;
- роботу світлової сигналізації положення лінійного вимикача;
- роботу телесигналізації положення ПЗШ, наявності напруги на запасній шині, стани і положення лінійного вимикача.

Станція керування вимикачем (рис. 4) призначена для його включення і відключення. Вона містить $KM2$ що включає і $KM1$ що відключає контактори, резистори $R6$ и 7 , реле блокування $KL3$ і його повторювач $KL2$.

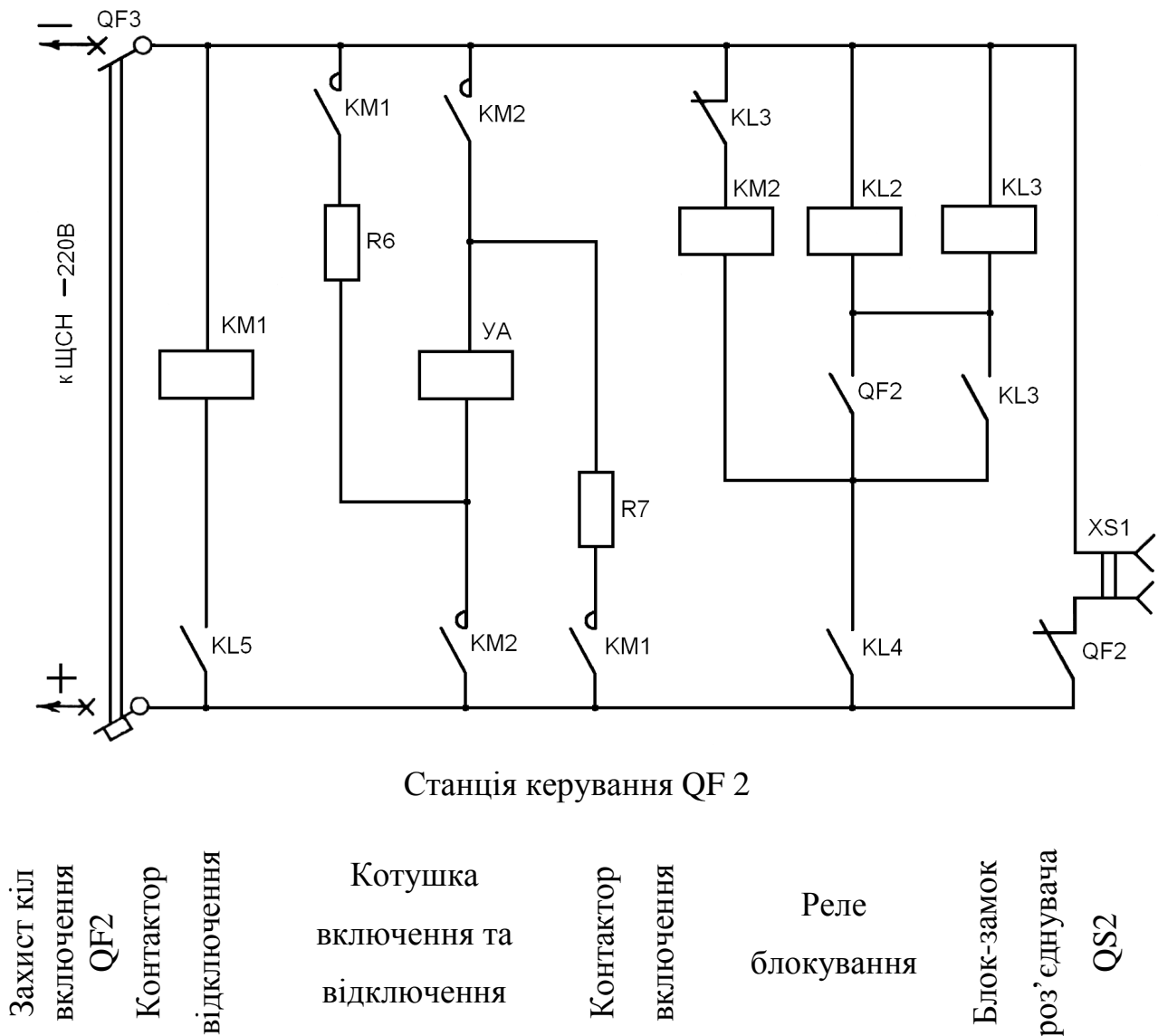


Рис. 4 - Станція керування вимикачем

Кожне з перерахованих вище, включень вимикача відбувається через контакти реле $KL4$, при спрацьовуванні якого замикає коло котушки контактора

включення *KM2*. Контактор *KM2*, спрацьовуючи, замикає коло котушки включення *УА*, і вимикач включається. Будь-яке відключення здійснюється через контакти реле *KL5*, при цьому спрацьовує контактор відключення *KM1*, на котушку *УА* подається напруга зворотної полярності, вимикач відключається (це не відноситься до автоматичного відключення при струмах, великі струми установки вимикача, коли воно походить від дії струму, що протікає по розміщеному у вікні магнітопроводу витку шини головної мети).

Реле блокування *KL3* призначене для виключення багаторазових включень вимикача на к.з. при утриманні кнопки включення в натиснутому стані, тобто тривалої подачі команди на включення (контакти реле *KL3* замкнуті). При включенні вимикача його допоміжні контакти *QF2* у колі обмоток реле *KL2* і *KL3* замикаються, реле спрацьовують на самоутримання, що розмикають розривають коло обмотки контактора *KM2*. Тому, якщо вимикач включається на існуюче в тяговій мережі к.з. і автоматично відключився, повторного включення на к.з. не відбудеться.

4. Програма роботи

Вивчити:

- конструкцію комірки лінійного вимикача;
- роботу схеми керування ПЗШ;
- роботу схеми станції керування вимикачем.

Виконати практично операції по переведенню ППЛ на живлення від запасної шини і зворотному переведення її на живлення від робочої шини +600В.

5. Зміст звіту

Крім загальних питань, відбиваних у звіті, повинен містити:

- перелік і типи обладнання головного кола комірки;
- перелік обладнання вторинної системи комірки;
- схему головного кола комірки (рис. 1) з порядком перекладу ППЛ на живлення з робочої шини на запасну і назад;

- схеми керування ПЗШ (рис. 2) і станції керування вимикачем з коротким описом їхньої роботи.

Контрольні питання

1. Призначення РУ 600В ТП.
2. З яких комірок за призначенням складається РУ+600В?
3. Чим визначається кількість комірок того чи іншого призначення РУ+600В?
4. Призначення робочої шини РУ+600В.
5. Призначення запасної шини РУ+600В.
6. Призначення катодних вимикачів. Чим визначається їх кількість?
7. Призначення лінійних вимикачів РУ+600В. Чим визначається їх кількість?
8. Призначення запасного вимикача. На яких тягових ПС він застосовується?
9. Призначення РУ-600В ТП.
10. Призначення ПЗШ.
11. Наведіть порядок переключу ППЛ з робочою на запасну шину.
12. Наведіть порядок переключу ППЛ із запасною на робочу шину.
13. Перерахуйте органи управління комірок лінійного і запасного вимикачів.
14. Які види керування лінійним вимикачем і ПЗШ передбачені схемою?
15. Які види керування запасним вимикачем і роз'єднувачами передбачені схемою?
16. Призначення магнітофугального привода.
17. Чим забезпечується рух осердя магнітофугального приводу в протилежних напрямках?
18. Призначення станції керування швидкодіючим вимикачем.
19. Призначення котушки включення (відключення) лінійного вимикача. Чим вона забезпечує виконання протилежних операцій?
20. Призначення реле блокування в схемі керування лінійним вимикачем.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

Дослідження технічних характеристик вимикача ВМП-10 з приводом ПЕ-11

1. Мета і зміст роботи

У результаті підготовки і виконання лабораторної роботи студенти повинні:

- знати технічні характеристики, будову і принцип дії вимикача ВМП-10 і приводу ПЕ-11
- уміти виконувати вимірювання і перевірки, передбачені обсягом міжремонтних випробувань масляних вимикачів.

При підготовці до виконання лабораторної роботи необхідно вивчити будову і принцип дії вимикача і приводу, використовуючи ці вказівки і зразки названої електроустановки.

Практична робота полягає у проведенні вимірювань деяких технічних характеристик, що входять в обсяг міжремонтних випробувань масляних вимикачів.

2. Робота вимикача ВМП-10 [18]

Вимикачі високої напруги призначені для комутації кіл змінного струму з напругою 3кВ і вище у всіх режимах, можливих в експлуатації електроустановок: включення і відключення кіл при протіканні в них робочих струмів, струмів перевантаження і короткого замикання, струмів холостого ходу силових трансформаторів, ємкісних струмів конденсаторних батарей і довгих ліній електропередачі.

На тягових підстанціях МЕТ вимикачі забезпечують комутацію вводів 6/10/кВ і ліній, що відходять, до перетворювальних агрегатів.

У даний час замість масляних вимикачів з великим об'ємом масла на напруги (6; 10; 35 і 110) кВ широко застосовують масляні вимикачі з малим об'ємом масла. Зменшення об'єму масла в цих вимикачах досягають за рахунок того, що масло в них використовується тільки як середовище для гасіння дуги, а для ізоляції струмоведучих частин служать фарфорові ізолятори. Маса масла в таких вимикачах незначна (від 4,5 до 600кг залежно від напруги і потужності, що відключається). Конструкція малооб'ємних вимикачів простіша за вимикачі з великим об'ємом масла через відсутність у них дорогих і громіздких прохідних ізоляторів.

Вимикач ВМП-10 (рис. 1, а) має баки 8, закріплені на опорних ізоляторах 7, встановлених на рамі 1. У підшипниках рами вільно обертається вал 4, на якому встановлюють важіль, що сполучає вимикач з його приводом. На валу 4 жорстко закріплений двоплечий важіль 3, одним кінцем приєднаний до вимикаючої пружини 2, а іншим — до тяги 11 приводного механізму вимикача.

Для пом'якшення ударів передбачені буфери: пружинний 5 (при включенні) і масляний 9 (при відключенні). Рівень масла у вимикачі контролюється маслопоказчиком 10. Вимикач при монтажі піднімають за допомогою вушка 12. Болт 6 служить для заземлення рами вимикача.

До циліндра 9 (рис. 1, б), виконаному із склоепоксида, прикріплений металевий фланець 17 з нижньою кришкою 14, на якій розташовано нерухомий контакт 16. Над останнім знаходиться камера поперечного дуття 19. В алюмінієвому баку 5 розміщений механізм керування рухомого контакту 20, сполучений з важелем 6. Струмозайом з рухомого контакту виконується роликками 22, що через спрямовуючі стержні 7 мають електричне з'єднання з верхнім виводом 21.

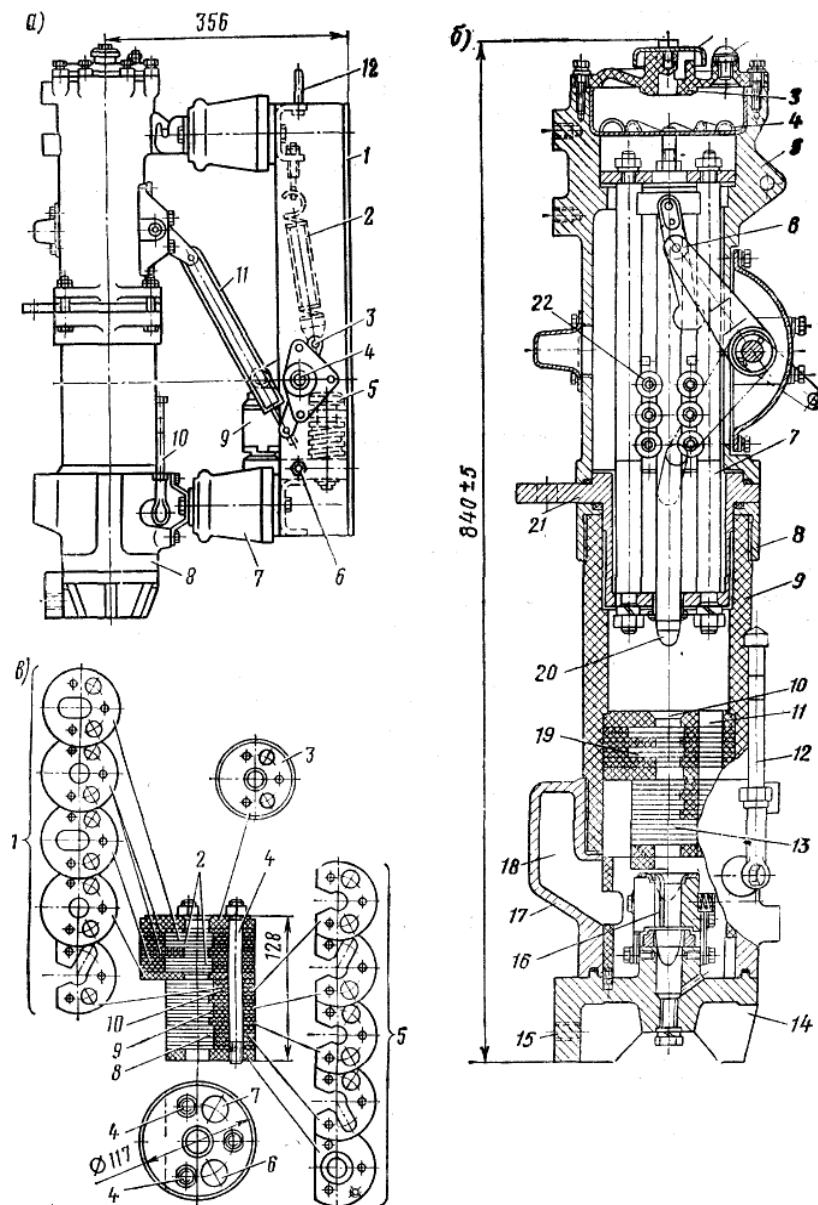


Рис. 1 - Загальний вигляд (а), розріз фази (б) і дугогасна камера (в) вимикача ВМП-10

Нижній вивід 15 є продовженням кришки 14. Склоепоксидний і металевий баки з'єднані фланцем 8. Зверху бак 5 закритий кришкою 3 з газовідвідним ковпачком і пробкою 2 для доливання масла. Під кришкою розміщений масловіддільник 4. У нижній частині вимикача встановлений масло показник 12.

Дугогасна камера поперечного масляного дуття (рис. 1, в) складається з пакету ізоляційних пластин, 3 і 5, стягнутих ізоляційними шпильками 4. У нижній частині камери розташовані один над одним поперечні дутьєві канали 8, 9 і 10, а у верхній - масляні кишені 2. Поперечні дутьєві канали мають роздільні виходи 6 і 7, направлені догори. Великі й середні струми гасяться дуттям в поперечних каналах, а малі струми, якщо вони не будуть погашені в поперечних каналах, гасяться за допомогою дуття в масляних кишенях. Процес гасіння дуги (рис. 1, б) відбувається таким чином: після відриву рухомого контакту 20 від нерухомого 16, газу що з'явився під дією дуги, не маючи виходу через центральний отвір 10 і поперечні канали 13 камери, які на початку закриті контактом 20, створюють великий тиск у нижній частині циліндра. Масло заповнює частину буферного простору 18, збільшуючи тиск в ньому. У міру переміщення стержня вгору газу разом з маслом буферного простору 18 спрямовуються через поперечні канали 13 в подовжні бічні канали 11 і гасять дугу. Дуга, що йде за рухомим контактом 20, розкладає масло в масляних кишенях 19; газу сприяють гасінню дуги. Масло при спрацьовуванні вимикача майже не витрачається, оскільки охолоджуючись в баку, воно стікає в дугогасительную камеру. Для підвищення дугостійкості знімний наконечник рухомого контакту і верхні торці розеточного контакту мають облицьовування з металокераміки (критіта). Параметри вимикача: $U_{ном} = 10 к I = (630-1500) А$; $I_{ном} откл = 20 кА$; $S_{ном} откл = 350 мВА$; $i_{дин} = 64 кА$; $I_T = I_c = 20 кА$; $t_{откл} = 0,12 с$. Вимикач ВМП-10 має декілька виконань, які відображаються додатковими буквеними позначеннями: К - для комплектних розподільних пристроїв; Т - для районів з тропічним кліматом; У - посилене виконання.

2.1 Будова полюса

Полюс вимикача складається з циліндрового корпусу (бачка), в якому розміщені рухомий і нерухомий контакти, дугогасний пристрій, два бакелітові циліндри. Бачок до певного рівня заповнений трансформаторним маслом. Корпус заварений немагнітним матеріалом (латунню) для виключення його нагріву вихровими струмами. З торців корпус закритий фланцями: через верхній з прохідним ізолятором і спрямовуючою бакелітовою трубкою пропущений струмоведучий стержень (рухомий контакт), на нижньому розташований нерухомий розетковий контакт. До корпусу приварений масловіддільник з жалюзі і оглядовим вікном з покажчиком рівня масла.

Струмоведучий стержень виконаний з міді і має знімний наконечник, фанерований дугостійкою металокерамікою. Різьблення, що є на стрижні, дозволяє при необхідності регулювати величину ходу контакту. Приєднання до рухомого контакту здійснюється гнучким струмопроводом, виконаним з листової міді. Розетковий контакт складається з п'яти ламелей, їх верхні торці також фанеровані дугогасною металокерамікою.

Ізоляція між рухомим і нерухомим контактами при відключеному положенні вимикача виконана двома бакелітовими циліндрами. Між ними розташований дугогасний пристрій поперечного дуття. Воно складається з верхньої і нижньої частин, розділених перегородкою і що мають загальний центральний канал для проходу струмоведучого полягання. Обидві частини дугогасної камери набрані з ізоляційних пластин, стягнутих шпильками. В нижній частині є три поперечні канали, розташовані на різній висоті. Вони сполучаються з трьома вертикальними каналами, що сполучаються з верхнім об'ємом бачка. Таким чином, через вказані канали підкамерний простір сполучається з надкамерним. Нижня частина камери забезпечує поперечне дуття і служить для гасіння дуги великого струму (струму короткого замикання).

Гасіння дуги малого струму (струму навантаження або перевантаження), якщо вона не буде погашена нижньою частиною, забезпечується верхньою

частиною камери. Для цього в її центральному каналі передбачено дві масляні кишені (порожнини).

2.2. Гасіння електричної дуги

Основним чинником, що забезпечує горіння дуги у вимикачах при відключенні ними кола із струмом, є невисока температура дуги, тобто термічна іонізація. Звідси виходить, що для гасіння необхідне повне інтенсивне її охолодження. Воно забезпечується перш за все трансформаторним маслом, яке під дією температури дуги інтенсивно випаровується. У результаті цього утворюється газопарова суміш, що складається в основному з водню і парів масла. Наявність водню (70-80%) в суміші, що має якнайкращі серед газів теплопровідність і дугогасні властивості, визначає високу дугогасну здатність масла. При цьому деіонізація дуги здійснюється шляхом рекомбінації заряджених частинок і дифузії.

Дія масла на дугу істотно збільшується за рахунок вживання у вимикачах дугогасних пристроїв (камер). Розглянутий вище пристрій забезпечує:

1) при виникненні дуги - створення великого тиску, залежного від струму, що відключається, в замкнутому, малому за об'ємом підкамерному просторі бачка;

2) у процесі горіння дуги - рух газопарової суміші і масла щодо дуги у вузьких каналах, чим досягається тісне зіткнення дуги з дугогасним середовищем, обдування її і розділення на декілька паралельних дуг, що горять.

Підвищений тиск знижує швидкість виникнення зарядів за рахунок термічної іонізації, тобто ступінь іонізації міжконтактного проміжку при цьому менше. Інтенсивне охолодження дуги різко посилює процес рекомбінації частинок, розділення дуги - процес дифузії за рахунок зменшення радіусу стовпа дуги, тобто процес деіонізації дуги протікає інтенсивніше і закінчується при розведенні контактів вимикача на невелику відстань.

Гасіння дуги великого струму. При розмиканні контактів під дією високої температури дуги тиск в нижній частині бачка, обмеженого

перегородкою камери, підвищується. При русі рухомого контакту вгору відкриваються по черзі поперечні канали в нижній частині камери, тобто через них і вертикальні канали підкамерний простір сполучається з надкамерним. Під дією тиску дуга заходить в поперечні канали, ділячись на три частини, і обдувається газопаровою сумішшю і маслом. Проміжок між контактами заповнюється маслом, що не розклалося, що сприяє швидкому відновленню електричної міцності проміжку. Процес гасіння протікає швидко, до виходу стержня з центрального отвору.

Гасіння дуги малого струму. При відключенні малих струмів тиск, що виникає в нижній частині камери, може бути недостатнім для створення поперечного дуття. У цьому випадку дуга зтягується стержнем в центральний отвір камери, розтягується, за рахунок чого її діаметр стає менше. Створюються сприятливі умови для гасіння дуги (збільшується поверхня охолодження, зростає опір дуги). У масляних кишнях верхньої частини камери масло під дією температури розкладається, сприяючи розвитку поздовжнього дуття і деіонізації дуги. Вирішальним чинником гасіння дуги при цьому є розтягування дуги: міцність міжконтактного проміжку відновлюється лише після віддалення контактів на певну відстань. Таким чином, процес відключення малих струмів протікає триваліше, чим більших.

3. Будова і робота приводу ПЕ-11

Приводи призначені для включення і відключення вимикачів і утримування їх у включеному положенні. Для виконання цих функцій кожний привід має механізм включення, замикаючий механізм і механізм відключення. При включенні потрібні великі зусилля для подолання сил натягу відключаючих пружин, тертя в механізмі, маси рухомих контактів, а також електродинамічних сил, що виникають при включенні вимикача на КЗ. Вимикачі повинні включатися з достатньою швидкістю, для чого необхідна порівняно велика потужність від 10 до 50кВт залежно від типу вимикача. При повільному включенні можливе утворення дуги між контактами, що сходяться,

і зварювання їх, особливо при включенні на КЗ. Дуже швидко включення також небезпечне, оскільки викликає вібрацію рухомих частин і удари рухомих контактів об нерухомі, можливі поломки.

У даний час в експлуатації застосовуються в основному електромагнітні, електрорухомі, пневматичні, ручні й пружинні приводи.

На електричному транспорті застосовують: електромагнітні й пружинні приводи, що дозволяють дистанційне керування вимикачами.

Для дії механізму відключення, роль якої зводиться до відведення клямки утримуючого механізму, потрібна невелика потужність - приблизно 0,5кВт. Сила, діюча при відключенні на траверсу з рухомими контактами, створюється потужним пружинами, що звільняються клямкою. У всіх типах приводів механізм відключення приводять в дію електромагнітом відключення. Це необхідно для забезпечення автоматичного відключення вимикача при включенні на КЗ або інший ненормальний режим.

Приводи виконують з механізмом вільного розчеплення, що дозволяє автоматично відключати від захисту вимикача у момент його включення в коло з КЗ, не зважаючи на замкнуте коло включення. Вільне розчеплення здійснюється системою важелів, що ламаються і дозволяє порушувати механічний зв'язок між механізмом включення і валом вимикача при дії електромагніту відключення.

Електромагнітний привід ПЕ-11 (рис. 2, а) має просту і достатньо надійну кінематичну систему (рис. 2, б, в, г і д).

Електромагніт включення приводу складається з осердя 1, до якого стопором 2 кріпиться шток 6, і котушки включення 4 із захисним циліндром 5, розташованим між сталевими плитами 3 і 29. Циліндр 5 є також магнітопроводом електромагніта включення. Для пом'якшення удару осердя 1 при циклі включення передбачені демпферна пружина 7 і латунна шайба 8. Вимикач включається подачею напруги на котушку 4, створюється магнітний потік, який втягує вгору осердя 1 з штоком 6. Шток 6 упирається в ролик 13, переміщує його вгору, відводячи клямку 11з плоскою пружиною 9 вліво, і через сережку 14 і важіль 16 повертає вал вимикача 17 за годинниковою

стрілкою. У включеному положенні ролик 13 утримується клямкою 11, заскакуючою під нього під дією пружини 9. Одночасно з підйомом сережки 14 через сережку 18 повертається важіль 21, ролик 22 яке заходить за клямку 24, утримувану пружиною 25.

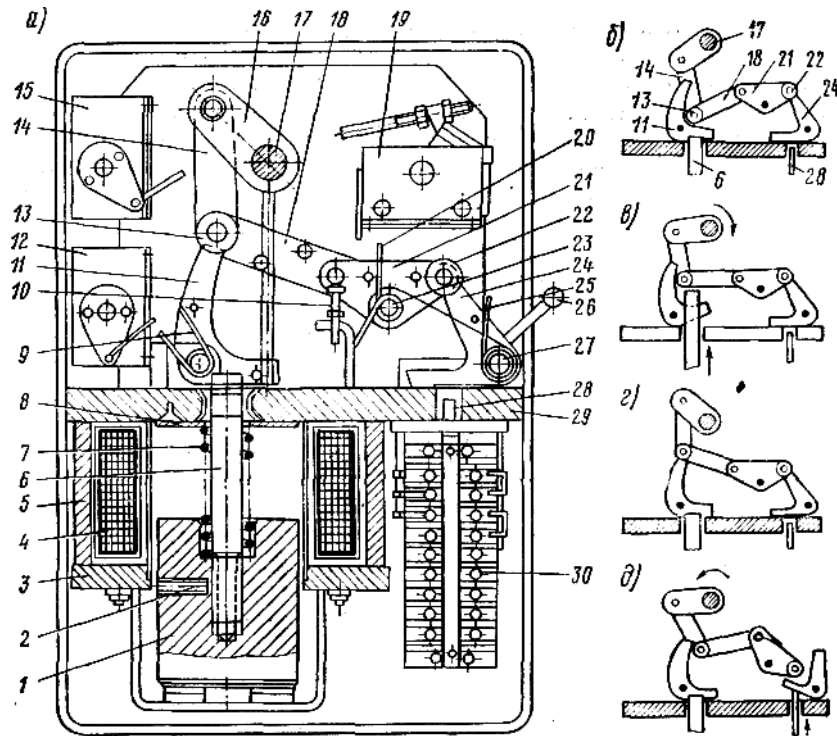


Рис. 2 - Привод ПЕ-11 (а) і стан його системи важеля в положенні «відключено» (б), «включення» (в), «включено» (г) і «відключення» (д).

Привод відключається поворотом рычага 24 навколо осі 27, що може бути зроблено рукояткою 26 або товкачем 28 електромагніту відключення. При цьому ролик 22 скочується вниз з клямки 24 і звільняє важіль 21. Останній, повертаючись на осі 23, через сережку 18 звільняє ролик 13, який скочується вниз з клямки 11, і вимикач відключається під дією своїх пружин. Після відключення пружина 20 встановлює важіль 21 в початкове положення.

Гвинт 10 служить для регулювання глибини зачіпляє ролика 22 клямкою 24; блок-контакти 12, 15 і 19 сполучені тягою з валом 17. До клемника 30 підходять ланцюги керування.

Блокувальні контакти КСА (контакти сигнальні апаратні) є фасонними, мідними шайбами 4, ізольовані від осі 5 втулками 6. Шайби 4 на осі розташовують так, щоб одна їх частина замикалася з нерухомими контактами 2 у включеному, а

інша частина у відклученому положенні вимикача В (рис. 3), відповідно утворюючи, наприклад, коло для лампи червоного ЛК і лампи зеленого ЛЗ кольорів.

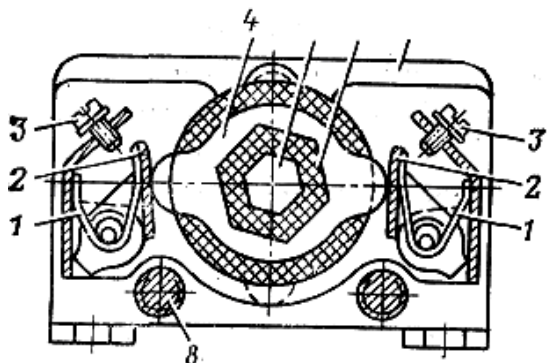


Рис. 3 - Будова сигнальних контактів

Плоскі пружини 1 забезпечують необхідне контактне натиснення, гвинти 3 призначені для приєднання проводів. Осі комплект блок-контактів посаджені в підшипники щічок 7, стягнутих гвинтами 8.

Технічні дані приводу:

- номінальна напруга вмикаючого і вимикаючого електромагнітів — 110В або 220В постійного струму;
- межі оперативної роботи приводу за напругою - (85-100)% номінального для вмикаючого електромагніту і (65-120)% номінального для вимикаючого;
- споживаний струм обмотки електромагнітів вмикаючого — не більше 120А при напрузі 110В і не більше 60А при напрузі 220В; вимикаючого — відповідно не більше 2,5А і не більше 1,25А.

4. Норми випробування масляних вимикачів

Випробування вимикачів проводять при капітальному і поточному ремонтах. Вимикачі піддають також міжремонтним випробуванням, тобто профілактичним, не зв'язаним з виводом їх у ремонт.

При міжремонтних випробуваннях проводять:

- 1) Вимірювання опору ізоляції допоміжних кіл вимикача, зокрема включаючої і відключаючої котушок, за допомогою мегаомметра на напругу 1000В. Опір повинен бути не менше 1МОм.

2) Вимірювання опору постійному струму контактів вимикача і обмоток вмикаючої і вимикаючої катушок. Опір контактів повинен відповідати заводським нормам. Якщо опір контактів перевищує норму в 1,5 рази, контакти повинні бути поліпшені. Опір обмоток також повинен відповідати заводським даним.

3) Вимірювання ходу рухомої частини вимикача, втиску (ходу) контактів при включенні, контроль одночасності замикання і розмикання контактів. Одержані значення повинні відповідати даним, наведеним в заводських інструкціях.

4) Перевірка дії механізму вільного розчіплення. Він повинен бути перевірений в роботі при положенні приводу, відповідному включеному вимикачу, в двох-трьох проміжних положеннях і на межі зони дії вільного розчеплення.

5. Програма роботи

У ході виконання лабораторної роботи необхідно провести:

- вимірювання опору ізоляції вмикаючої і вимикаючої катушок;
- вимірювання опору постійному струму контактів вимикача;
- вимірювання ходу рухомої частини вимикача, втиску (ходу) контактів при включенні, контроль одночасності замикання і розмикання контактів.
- перевірку дії механізму вільного розчеплення.

6. Порядок виконання роботи

6.1. Вимірювання опору ізоляції вмикаючої і вимикаючої катушок

1) Переконавшись у справності мегоомметра. При замкнутих вихідних затискачах і обертанні рукоятки стрілка приладу повинна знаходитися на нульовому положенні, при розімкнених — на положенні ∞ .

2) Від'єднати один з виводів катушки від схеми керування. Зібрати схему вимірювань, керуючись інструкцією (на зворотному боці кришки). Обертаючи рукоятку приладу, виміряти опір ізоляції катушок.

Примітка: рукоятку слід обертати з постійною частотою (100-120об/хв.). Покази приладу фіксувати не менше ніж через одну хвилину після набору потрібної частоти обертання.

6.2. Вимірювання опору постійному струму контактів вимикача

Вимірювання провести за допомогою мікроомметра Ф415, керуючись інструкцією, наведеною на зворотному боці кришки приладу.

Заводські норми: опори контактів полюсів однакові й рівні.

6.3. Вимірювання ходу рухомої частини вимикача, втиску (ходу) контактів при включенні, контроль одночасності замикання і розмикання контактів

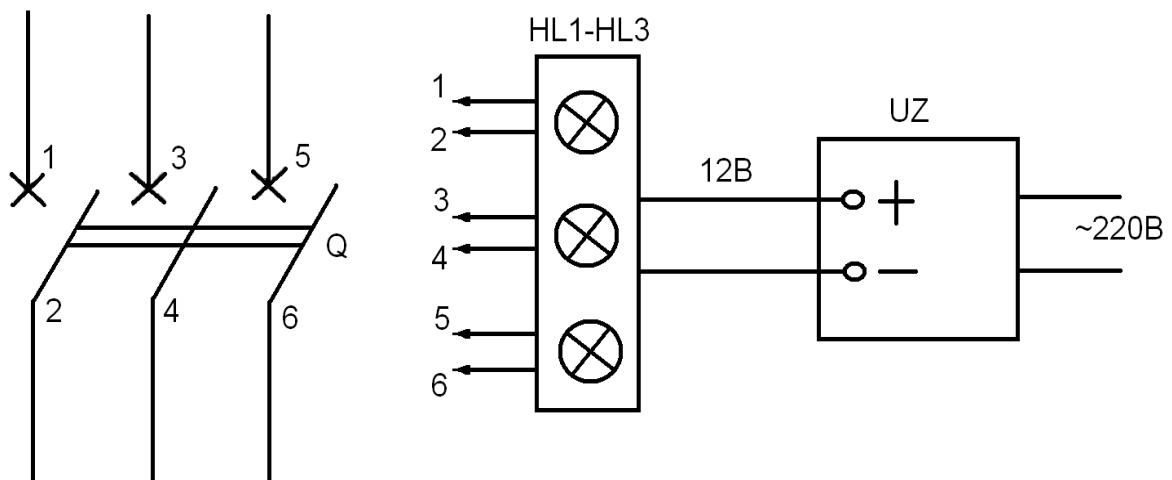


Рис. 3 - Схема вимірювання ходу рухомої частини вимикача

1) Зібрати схему вимірювання (рис. 3), на якій умовно позначено:

- Q - вимикач; (1÷3) - виводи його рухомих контактів;
- (4÷6) - виводи нерухомих контактів;
- HL1 - HL3 - сигнальні лампи, змонтовані в корпусі; VZ - випрямляч.

2) При відключеному вимикачі на одному з рухомих контактів на рівні торця прохідного ізолятора крейдою нанести початкову мітку А.

3) Подати живлення на схему, включивши випрямляч і встановивши вихідну напругу, рівну (12-15) В.

4) Використовуючи рукоятку ручного включення, поволі включати вимикач, фіксуєючи:

- міткою **Б** момент запалення першої з трьох ламп, відповідний зіткненню контактів одного з полюсів;
- міткою **В** момент запалення другої лампи, відповідний зіткненню другої пари контактів;
- міткою **Г** момент запалення третьої лампи, відповідної зіткненню останньої пари контактів;
- міткою **Д** момент закінчення процесу включення.

5) Вимкнути випрямляч, розібрати схему.

6) Заміряти відстані АД, АГ, АВ, АБ і визначити характеристики, що перевіряються: АД - хід рухомої частини вимикача;

- АД - АБ = БД, АД - АВ = ВД, АД - АГ = ГД - тиск (хід) контактів при включенні (відповідно по полюсах);
- АВ - АБ = БВ і АГ - АБ = БГ - неодноразність замикаання (розмикаання) контактів відповідних полюсів по відношенню до полюса, контакти якого стикаються раніше.

Таблиця 1 - Контрольовані параметри вимикача ВМП-10

Параметр	Значення параметрів
Зазор між роликом і упором в пружинному демпфері (в положенні «включено»), мм	0,5 – 1,5
Хід штока масляного демпфера, мм	21
Хід рухомих контактів, мм	240
Захід рухомого контакту, в нерухомий, мм	60
Різноморзність замикаання контактів, не більш, мм	5
Зазор між нерухомим контактом і камерою, мм	13
Повний хід пружинного буфера (в положенні «відключено»), мм	115
Опір контактів кОм, вимикача на струм, А:	
630	55
1000	40
1500	30

6.4. Перевірка дії механізму вільного розчеплення

Перевірку провести:

1) при включеному вимикачі. Дією на рукоятку ручного відключення переконатися у дії механізму вільного розчеплення, що забезпечує відключення вимикача;

2) при початковому, проміжних і крайньому верхньому положеннях штока включаючого електромагніту. Вручну включаючи вимикач і відводячи рукоятку ручного відключення, переконатися, що дія механізму вільного розчеплення не дозволяє вимикачу включитися, тобто механізм діє на всьому діапазоні ходу рухомої частини вимикача;

3) при змодельованій несправності (якір залишився у верхньому положенні в результаті залипання або нерозмикання кола включення). Уручну включити вимикач і, без зусилля утримуючи важіль ручного включення в нижньому положенні, відвести рукоятку ручного відключення. Переконатися, що відключення відбудеться, оператор при цьому не відчує дії на важіль з боку приводу, тобто, як і в п.2, механізм відключення за рахунок вільного розчеплення діє незалежно від положення механізму включення.

7. Зміст звіту

Звіт про роботу повинен містити:

Технічні параметри вимикача ВПМ-10 і приводу ПЕ-11:

- 1) складові елементи конструкції вимикача і його полюса і їх призначення;
- 2) чинники, що забезпечують гасіння дуги великого і малого струмів;
- 3) функції, виконувані приводом,
- 4) основні конструктивні вузли приводу ПЕ-11;
- 5) єство вільного розчіплення і його реалізація в приводі ПЕ-11;
- 6) схеми вимірювання технічних характеристик вимикача відповідно до розділу 6;
- 7) Результати вимірювань і обчислень, висновки по них, пропозиції щодо поліпшення характеристик і приведення їх в норму.
- 8) Схеми випробувань.

Контрольні питання

1. Призначення вимикачів.
2. Номінальні параметри вимикача ВМП-10.

3. Основні елементи вимикача ВМП-10.
4. Призначення відключаючих пружин вимикача.
5. Призначення буферних пристроїв вимикача.
6. Основні елементи полюса вимикача ВМП-10.
7. Особливості конструкції дугогасної камери.
8. Призначення трансформаторного масла у вимикачі.
9. Чим визначається висока дугогасна здатність трансформаторного масла?
10. За рахунок яких чинників дугогасна камера вимикача посилює дію масла на дугу?
11. Принцип гасіння дуги великого струму у вимикачі.
12. Принцип гасіння дуги малого струму у вимикачі.
13. Призначення приводів вимикачів.
14. Конструктивні вузли приводу вимикача.
15. Принцип роботи приводу ПЕ-11.
16. Призначення механізму вільного розчеплення приводу вимикача.
17. Призначення роз'єднувачів.
18. Основні елементи конструкції роз'єднувача.
19. Особливості конструктивного виконання рухомих контактів роз'єднувачів.
20. Конструктивні відмінності роз'єднувача РВЗ і РВФЗ.
21. Призначення механічне блокування між валами головних контактів і заземлюючих ножів роз'єднувачів РВЗ і РВФЗ.
22. Які елементи конструкції роз'єднувачів сприяють запобіганню їх мимовільному відключенню при коротких замиканнях?

Список літератури

1. Афанасьев А.С., Долаберидзе Г.П. Шевченко В.В. «Контактные и кабельные сети трамваев и троллейбусов». - М.: Транспорт, 1979. –330 с.
2. Загайнов Н.А., Финкельштейн Б.С., Кривов Л.Л. Тяговые подстанции трамвая и троллейбуса: Учебник для техникумов (Под редакцией Н.А. Загайнова). Изд. 4-е перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1988 – 327 с.
3. Шевченко В.В., Арзамасцев Н.В., Бодрухина С.С. Электроснабжение наземного городского электрического транспорта: Уч. пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.
4. Тарнижевский М.В., Томлянович Д.К. Проектирование устройств электроснабжения трамвая и троллейбуса. – М.: Транспорт, 1986 – 376 с.
5. Байрыева Л.С., Шевченко В.В. Электрическая тяга. Городской наземный транспорт. Учебник для техникумов. – М.: Транспорт, 1986 – 206 с.
6. Инструкция по ограничению токов утечки из рельсов трамвая. – МЖКХ РСФСР. АКХ им. К.Д. Памфилова. – М.: 1983 – 46 с.
7. Правила эксплуатации трамвая и троллейбуса ГКУ по ЖКХ – Киев, 1997.
8. Технический справочник по городскому электротранспорту. – М.: МКХ, 1983.
9. СНиП-Н-41-76. Часть II. Нормы проектирования. Электрифицированный городской транспорт. Трамвайные и троллейбусные пути. - М.: 1977.
10. СНиП.2.05.09._90. Нормы проектирования.
11. Руководство по проектированию контактных сетей трамвая и троллейбуса. МЖКТ РСФСР. ГУ ГЭТ. - М.: 1980.
12. Закон Украины «Об охране труда». – К., 1992.
13. Конституция Украины.
14. Правила техники безопасности на городском электрическом транспорте. Раздел III. Контактные сети. Устройства СЦБ и связи. - М.: Транспорт, 1978.
15. Щербина Я.Я. и др. Основы противопожарной защиты. – К.: Стройиздат, 1985.
16. Правила устройства электроустановок. - М.: Энергоиздат, 1987.
17. Колонтаевський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка: теорія і практикум. За ред. А.Г. Соскова. –К.: Каравела, 2003. – 368 с.
18. Прохорский А.А. Тяговые и трансформаторные подстанции: Учебник для техникумов ж. – д. трансп.- М.: Транспорт, 1983. – 496 с.
19. Кузнецов С.М., Ефретов Л.Н. Эксплуатация и ремонт тяговых подстанций городского электрического транспорта.- М.: Транспорт, 1980. -311 с.
20. Электроснабжение метрополитенов. Устройство, эксплуатация и проектирование. Под ред. Е.И. Быкова.- М.: «Транспорт», 1977.-431 с.

21. Афанасьев В.В., Якунин Э.И. Приводы к выключателям и разъединителям высокого напряжения. – Л.: Энергоиздат. Ленинградское отд-ние, 1982. – 224 с., ил.
22. Фрайфельд А.В. Проектирование контактной сети. 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Транспорт, 1984 – 327 с.
23. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий: Учеб. для студ. Вузов по спец. «Электропривод и автоматизация промышленных установок» -3-е изд., перераб. И доп.. – М.: Высш. шк., 1986. – 400 с.
24. Котельников А.В. Блуждающие токи электрофицированного транспорта. – М.:Транспорт, 1986. – 279 с.
25. Інструкція з технічного обслуговування тягових підстанцій, пунктів живлення і секціонування електрифікованих залізниць. Міністерство транспорту України. Державна адміністрація залізничного транспорту України.. – К.:Управління електрифікації та електропостачання, 1999. – 204 с.
26. Руководство по проектированию контактных сетей трамвая и троллейбуса.-Х.:МЖКХ Главное управление городского электротранспорта, 1996. - 140 с.
27. Технологічні карти з капітального ремонту пристроїв контактної мережі електрифікованих залізниць. Книга 1. Капітальний ремонт. – Київ.: НВП «ПОЛІГРАФСЕРВІС», 2003. – 456 с.
28. Технологічні карти на роботи по утриманню та ремонту пристроїв контактної мережі електрифікованих залізниць. Книга II. Технічне обслуговування та поточний ремонт.- Київ: НВП «ПОЛІГРАФСЕРВІС», 2001. – 384 с
29. Технологічні карти з технічного обслуговування, поточного та капітального ремонту лінійних пристроїв не тягового електропостачання на опорах контактної мережі і окремих опорах на обходах. Книга III. Технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт.-К.:НВП «ПОЛІГРАФСЕРВІС», 2004. – 256 с.
30. Ферриты и магнитодиэлектрики. Справочник под общ. ред. Н.Д. Горбунова, Г.А. Матвеева.- М.: изд-во «Радио», 1998. -176 с.
31. Герлах В. Тиристоры. Пер. с нем. – М.: Энергоиздат, 1985. – 328 с.
32. Зайцев А.А., Миркин А.И., Мокряков В.В. и др.; Полупроводниковые приборы. Транзисторы малой мощности: Справочник. Под ред. А.В. Голомедова. –М.: Радио и связь, 1989. – 384 с.

Навчальне видання

**Нем Валерій Костянтинович,
Донець Олександр Вадимович,
Лукашова Наталя Павлівна**

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

(Практикум до лабораторних і практичних занять для студентів 3 курсу усіх форм навчання на пряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка»).

Відповідальний за випуск *П. М. Пушков*

Редактор *М. З. Аляб'єв*

План 2008, поз. 60 Н

Підп. до друку 11.11.2008 р.	Формат 60×84 1/16
Друк на ризографі.	Ум. друк. арк. 5,7
Тираж 100 пр.	Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 731 від 19.12.2001